

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL  
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL  
BARRANCO DEL SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA,  
DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA 2013”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO**

**AUTORES:**

**Bach. FREDDY EMERSON MEDINA ABREGU**

**Bach. ERWIN LÓPEZ BARBARÁN**

**ASESOR**

**Ing. M.Sc YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA**

**Código 0605391**

**MOYOBAMBA – PERÚ**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL  
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL  
BARRANCO DEL SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA,  
DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA 2013”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO**

**AUTORES:**

**Bach. FREDDY EMERSON MEDINA ABREGU**

**Bach. ERWIN LÓPEZ BARBARÁN**

**ASESOR**

**Ing. M.Sc YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA**

**Código 06053913**

**MOYOBAMBA – PERÚ**  
**2015**



## **ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TITULO**

### **PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las Seis de la tarde del día Jueves 26 de Noviembre del Dos Mil Quince, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

<b>Ing. M.Sc SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>Lic. M.Sc FABIAN CENTURIÓN TAPIA</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>Ing. JUAN CARLOS ROJAS VÁSQUEZ</b>	<b>MIEMBRO</b>
<b>Ing. M.Sc. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA</b>	<b>ASESOR</b>

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado “**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRANCO DEL SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA 2013**”; presentado por los Bachilleres en Ingeniería Sanitaria **ERWIN LÓPEZ BARBARÁN Y FREDDY EMERSON MEDINA ABREGU**, según Resolución Consejo de Facultad N° **0173-2013-UNSM-T-FE-CF** de fecha **27 de Noviembre del 2013**.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **TRECE (13)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **19:27pm** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. M.Sc Santiago Alberto Casas Luna  
Presidente

Lic. M.Sc Fabian Centurión Tapia  
Secretario

Ing. Juan Carlos Rojas Vásquez  
Miembro

Ing. M.Sc Yrwin Francisco Azabache Liza  
Asesor

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Sonia y Ruperto en agradecimiento, por su amor, paciencia su apoyo incondicional; quienes en todo momento no dudaron en apoyarme, por ser mi motivo y el impulso para seguir adelante en el logro de nuestras metas. A mis queridas hermanas Fiorella y Sthefany por permitirme ser su ejemplo.*

***Freddy.***

*A mi querida madre Enith y hermanos Joely, Junior, por dejarme ser el ejemplo y ser el motivo abstracto de forjarme a seguir adelante para dejarles una meta por superar.*

***Erwin.***

*Y para todas aquellas personas quienes lean este informe para que sea usado como antecedente para mejores investigaciones.*

## AGRADECIMIENTO

❖ **A Dios.**

*Por darnos la gracia de estar vivo, por la oportunidad de seguir formándonos profesionalmente y por darnos la perseverancia para culminar nuestra formación profesional.*

❖ **A la Universidad Nacional de San Martín Facultad de Ecología escuela profesional de Ingeniería Sanitaria.**  
*Por permitirnos ser parte de sus aulas y por la enseñanza impartida por sus docentes en el transcurso de nuestra formación profesional.*

❖ **Al Ing. M.Sc Yrwin Francisco Azabache Liza.**

*Por su valioso y desinteresado apoyo como asesor en el desarrollo de este Proyecto de investigación.*

❖ **Al Ing. Samuel López Chávez.**

*Por su valioso y desinteresado apoyo en la elaboración de la presente tesis así como también su apoyo profesional en todo momento.*

## INDICE

N° de Pág

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	vi
ÍNDICE DE FOTOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	vii
CAPITULO I.....	1
I.    EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.    OBJETIVOS.....	2
1.3.    FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1.3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.2 BASES TEÓRICAS.....	7
1.3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	40
1.4.    VARIABLES.....	43
1.5.    HIPÓTESIS.....	43
CAPITULO II .....	44
II.    MARCO METODOLÓGICO .....	44
2.1    TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	44
2.2    DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	44
2.3    POBLACIÓN Y MUESTRA .....	44
2.4    TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
2.5    TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	49
CAPITULO III.....	50
III.   RESULTADOS.....	50
3.1    RESULTADOS .....	50
3.2    DISCUSIONES.....	70
3.3    CONCLUSIONES.....	73
3.4    RECOMENDACIONES.....	75
IV.   REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

<b>V. ANEXOS.....</b>	<b>77</b>
<b>5.1 PLANOS.....</b>	<b>84</b>
<b>5.2 UBICACION DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.....</b>	<b>86</b>
<b>5.3 METRADO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.....</b>	<b>87</b>
<b>5.4 PRESUPESTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.....</b>	<b>88</b>
<b>5.5 INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO.....</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- <i>Figura N° 01. Etapas de tratamiento de aguas servidas.....</i>	<i>09</i>
- <i>Figura N° 02. Tratamiento primario .....</i>	<i>12</i>
- <i>Figura N° 03. Tratamiento secundario. ....</i>	<i>16</i>
- <i>Figura N° 04 Esquema de una depuradora por lagunaje. ....</i>	<i>17</i>
- <i>Figura N° 05. Tratamiento terciario por osmosis inversa.....</i>	<i>20</i>
- <i>Figura N° 06. Tipos de humedales artificiales.....</i>	<i>27</i>
- <i>Figura N° 07. Humedales artificiales de flujo superficial .....</i>	<i>28</i>
- <i>Figura N° 08. Humedales sub superficiales de flujo horizontal. ....</i>	<i>29</i>
- <i>Figura N° 09 Humedales sub superficiales de flujo vertical. ....</i>	<i>30</i>
- <i>Figura N° 10. Caña brava (Arundo donax).....</i>	<i>36</i>
- <i>Figura N° 11. Caña brava (Arundo donax).....</i>	<i>38</i>

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro N° 01. LMP para efluentes de PTAR...</i>	22
<i>Cuadro N° 02. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....</i>	49
<i>Cuadro N° 03. Materiales empleados en el diseño y construcción .....</i>	51
<i>Cuadro N° 04. Análisis de parámetros – 15 días de sembrado el Arundo donax .....</i>	53
<i>Cuadro N° 05. Análisis de parámetros – 30 días de sembrado el Arundo donax .....</i>	54
<i>Cuadro N° 06. Análisis de parámetros – 45 días de sembrado el Arundo donax .....</i>	55
<i>Cuadro N° 07. Análisis de parámetros – 60 días de sembrado el Arundo donax .....</i>	56
<i>Cuadro N° 08. Análisis de parámetros – 75 días de sembrado el Arundo donax.....</i>	57
<i>Cuadro N° 09. Análisis de parámetros – 90 días de sembrado el Arundo donax.....</i>	58
<i>Cuadro N° 10. Eficiencia del humedal de los 3 meses evaluados.....</i>	60
<i>Cuadro N° 11. Comparación del efluente del humedal con los LMP.....</i>	66



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 01.</b> <i>Remoción de los Coliformes termo tolerantes</i> .....	61
<b>Gráfico N° 02.</b> <i>Demanda bioquímica de oxígeno</i> .....	62
<b>Gráfico N° 03.</b> <i>Sólidos totales en suspensión</i> .....	63
<b>Gráfico N° 04.</b> <i>Turbiedad</i> .....	64
<b>Gráfico N° 05.</b> <i>Demanda química de oxígeno</i> .....	65
<b>Gráfico N° 06.</b> <i>Coliformes termo tolerantes comparados con LMP</i> .....	67
<b>Gráfico N° 07.</b> <i>Demanda bioquímica de oxígeno comparados con LMP</i> .....	68
<b>Gráfico N° 08.</b> <i>Demanda química de oxígeno comparados con LMP</i> .....	69
<b>Gráfico N° 09.</b> <i>Sólidos totales en suspensión comparados con LMP</i> .....	70

## **ÍNDICE DE FOTOS**

Foto N° 01: Filtración por membrana.

Foto N° 02: Medición de DBO<sub>5</sub> Y DQO

Foto N° 03: Medición del PH.

Foto N°: 04 Medición de la turbiedad.

Foto N° 05: Acabado del solado.

Foto N° 06: Asentado de ladrillo

Foto N° 07: Estructura del humedal artificial.

Foto N° 08: Llenado del filtro de grava.

Foto N° 09: Recolección de la especie Arundo donax.

Foto N° 10: Siembra de la especie Arundo donax del humedal artificial.

Foto N° 11: Humedal artificial con Arundo donax.

Foto N°12: La especie Arundo donax al tercer mes.

Foto N° 13: Construcción de la caja registro de la salida del humedal artificial.

Foto N° 14: Construcción de la caja registro de la entrada del humedal artificial.

Foto N°15: Muestra antes del tratamiento.

Foto N°16: Muestra después del tratamiento.

Foto N° 17: Muestra de los envases rotulados.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación **“Determinación de la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el Barranco del Sector cruce de Uchuglla, de la ciudad de Moyobamba”** tiene como objetivo contribuir con la investigación referente al Sistema de humedales artificiales como una alternativa de tratamiento para aguas residuales y de mejorar la calidad ambiental.

De esta manera se eligió realizar el presente estudio de las aguas residuales domésticas descargadas de las viviendas aledañas al barranco del sector Cruce de Uchuglla ubicado en el distrito de Moyobamba.

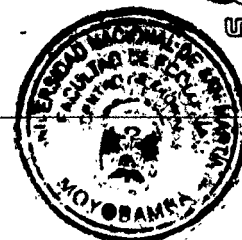
Con el fin de cumplir los objetivos propuestos se realizó la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con un tratamiento de Humedales Artificiales.

La evaluación del humedal artificial con *Arundo donax* (caña brava), se hizo por tres meses seguidos con un  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{d}$  pertenecientes a las viviendas aledañas de sector cruce de Uchuglla se obtuvieron como resultados los siguientes datos con afluentes de demanda bioquímica de oxígeno de  $249 \text{ mg/L}$  y con coliformes termo tolerantes de  $5689 \text{ UFC}/100 \text{ ML}$  y el efluente con una reducción de demanda bioquímica de oxígeno de  $97 \text{ mg/L}$  y con coliformes termo tolerantes de  $1995 \text{ UFC}/100 \text{ ML}$ , alcanzando un eficiencia de remoción de  $61.04 \%$  de  $\text{DBO}_5$  y de  $64.93\%$   $\text{UFC}/100 \text{ ML}$  de coliformes termo tolerantes.

Finalmente el rendimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales usando la especie de *Arundo donax* es un sistema de bajo costo en mantenimiento y cumple con los límites máximos permisibles que establece el ministerio del ambiente para evitar la contaminación ambiental.



## CENTRO DE IDIOMAS



### ABSTRACT

The present investigation work "determination of the efficiency of the artificial wetland for the of waste water treatment in the Ravine of the Sector Uchuglla crossing, of Moyobamba city" it aims to contribute to the investigation concerning the wetlands system as an alternative treatment for wastewater and to improve environmental quality.

In this way was chosen to carry out the present study of domestic wastewater discharged of the houses surrounding the ravine of the Crossing of Uchuglla sector located in the district of Moyobamba.

In order to meet the proposed objectives was the construction of a treatment plant of domestic wastewater with a treatment of artificial wetlands.

The evaluation of the artificial wetland with *Arundo donax* (Brave cane), was made by three consecutive months with a  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{d}$  belonging to the surrounding houses of crossing Uchuglla sector were obtained as results the following data with tributaries of biochemical oxygen demand of 249 mg/L and with coliforms thermo tolerant of 5689 UFC /100 ml and the effluent with a reduction of biochemical oxygen demand of 97mg/L and with coliforms thermo tolerant 1995 UFC /100 ml, reaching a removal efficiency for 61.04 % of BOD<sub>5</sub> and 64.93% UFC /100 ml of coliforms thermo tolerant.

Finally the performance of the plant for the treatment of domestic wastewater with artificial wetlands using the species *Arundo donax* is a low-cost system in maintenance and complies with the maximum permissible limits that set the ministry of the environment to avoid environmental pollution.

Key words: domestic wastewater, environmental pollution.

## **CAPITULO I**

### **I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Su disponibilidad es paulatinamente menor debido a su contaminación por diversos medios, incluyendo a los mantos acuíferos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social.

Se considera que el agua está contaminada cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición, por lo que pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas.

Esto trae como consecuencia la proliferación de enfermedades y el deterioro irreversible del medio ambiente. La tecnología de los humedales artificiales está definida como un complejo ecosistema de sustratos saturados, vegetación (macrófitas) y agua, cuyo objetivo es la remoción de la mayor cantidad de contaminantes del agua residual a través de mecanismos de depuración que actúan en los humedales como la remoción de sólidos suspendidos por sedimentación y filtración; biodegradación de la materia orgánica a partir de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos; eliminación de microorganismos patógenos por sedimentación, filtración, absorción en partículas de arcilla y la acción depredadora de otros organismos; remoción de metales pesados atribuido al fenómeno precipitación-absorción; precipitación de los hidróxidos, sulfuros; y ajuste de pH. La tecnología de los humedales artificiales permite combinar diferentes tipos de humedales con diferentes regímenes de flujo, sistemas de alimentación, plantas y sustratos, lo cual hace que se obtengan mayores posibilidades de optimizar el tratamiento.

Estas consideraciones nos permitieron plantearnos la siguiente interrogante:

¿Cuál fué la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el barranco del sector cruce de Uchuglla?

## **1.2. OBJETIVOS.**

### **Objetivo General**

Determinar la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el barranco sector cruce de Uchuglla.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Diseñar y construir un humedal artificial utilizando la especie *Arundo donax* (Caña Brava) para el sector cruce de Uchuglla.
- ✓ Determinar los parámetros físicos-químicos y biológicos de las aguas residuales (coliformes termo tolerantes, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, sólidos en suspensión, temperatura y turbiedad) pre y post, descargadas en el sector cruce de Uchuglla.
- ✓ Evaluar la eficiencia y comparar con los Límites Máximos Permisibles, la disminución de la contaminación de las aguas residuales.

## **1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.3.1 Antecedentes de la investigación**

#### **NACIONAL**

Lovera, Daniel. (2003) en su trabajo de investigación “Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Ancash, Perú”.

Usando tecnologías de humedales artificiales el humedal artificial ha demostrado tener una buena capacidad para eliminar sólidos en suspensión por filtración por parte del suelo. Con respecto a la remoción de la DBO<sub>5</sub>, a pesar que se obtuvo una remoción del 48%, se espera mejorar este valor en el transcurso de los meses, cuando se alcance una cobertura vegetal total en el humedal, y por lo tanto, una densidad de raíces mucha más amplia para favorecer el crecimiento de microorganismos que degraden la materia orgánica y favorezcan su mineralización ofreciendo estos minerales para el consumo de las plantas. Por lo tanto durante el monitoreo realizado, la mayor eliminación de materia orgánica se realizó por filtración del medio y por digestión de la fracción carbonada en forma anaerobia. Además, debemos considerar que la actividad de los microorganismos es muy lenta en climas fríos por lo que los rendimientos para la remoción de la DBO<sub>5</sub> tienen tendencia a disminuir durante este ambiente. Una vez alcanzado un desarrollo total de la vegetación se podrá suministrar un efecto de insolación para ayudada a mantener una cama libre de helada y por lo tanto asegurar una digestión complementaria de la fracción carbonada de forma aerobia. La remoción del nitrógeno amoniacal en el humedal presenta un valor de -0,13%, lo que indica que el nitrógeno amoniacal se ha estado acumulando en el humedal durante el periodo de muestreo. Rendimientos negativos o nulos indican claramente la dificultad encontrada para la remoción del nitrógeno amoniacal, lo que debe normalmente a una falta de oxígeno en el medio. En este caso se espera también una vez alcanzado una cobertura vegetal y radicular del carrizo mantener las condiciones secuenciales aerobias y anaerobias, para que las bacterias nitrificantes transformen el nitrógeno amoniacal en nitritos y nitratos en la zona aireada y las bacterias desnitrificantes permitan la transformación de

los nitratos y nitritos en nitrógeno gaseoso en las zonas aireadas. Además, el clima frío en Lacabamba con variaciones de temperatura implicó que las bacterias sean sensibles y se vuelvan inoperantes. Se espera que las plantas suministren el efecto de insolación en la cubierta del humedal durante las temperaturas frías. La remoción del fósforo a partir de procedimientos de tratamiento utilizando las plantas es relativamente difícil y los resultados obtenidos son variables. La remoción del fósforo puede implicar dos fenómenos diferentes:

La absorción por el suelo y el consumo de las plantas. La remoción del fósforo en el humedal construido en Lacabamba muestra un valor del 45,45%. Considerando el desarrollo vegetativo incompleta del carrizo durante el periodo de monitoreo, la eliminación del fósforo se debió principalmente por una buena capacidad de absorción del medio filtrante. En este último caso es primordial el papel que juega la composición química del suelo que pueda favorecer la absorción.

Cuando se alcance una cobertura vegetal adecuada las plantas podrán intervenir en la eliminación del fósforo, ya que consumen una cantidad apreciable durante su crecimiento. El nivel de eficiencia en la remoción de coliformes fecales en el humedal no fue significativo alcanzando una remoción del 62,70%. De acuerdo con las normas sanitarias para el reuso de aguas residuales de la Organización Mundial de la Salud no es apta para el reuso agrícola y acuícola, que recomienda una directriz sobre la calidad bacteriológica de una media geométrica de 1000 coliformes fecales por cada 100 ml para riego sin restricción de todos los cultivos y para reuso en agua de estanques con peces. Se espera un mejor rendimiento cuando exista un mayor desarrollo radicular de las plantas en el humedal.

## **INTERNACIONAL**

Lahora, Agustín. (1999) en su trabajo de investigación “Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: La Edad de los Gallardos (Almería)”.



El humedal ha estado operativo desde noviembre de 1999 hasta la actualidad, si bien es necesario al menos un año para que la vegetación y los microorganismos del sustrato alcancen un desarrollo óptimo, a veces es necesario un tiempo mayor.

El humedal recibe agua de los lechos de turba, aunque en realidad, existe una laguna de maduración antes de su entrada, instalada con el fin de tratar de oxigenar el influente al humedal.

El objetivo del humedal es complementar a los lechos de turba, para alcanzar los valores de vertido de los parámetros recogidos por la Directiva 91/271/CEE.

### **Eliminación de DBO<sub>5</sub>**

El rendimiento total del conjunto lechos de turba-humedal, alcanza porcentajes de reducción superiores a los exigidos en la Directiva. La DBO<sub>5</sub> media, es superior a 25 mg/l, ya que sufre un aumento durante los meses invernales, volviendo a bajar por debajo de esa cifra a partir de mayo. Este efecto puede ser debido a la muerte invernal de la parte aérea de la vegetación y un descenso de la actividad biológica anaerobia, particularmente sensible a las bajas de temperaturas.

### **Eliminación de DQO**

Tiene un comportamiento muy parecido al de la DBO<sub>5</sub>, consiguiéndose valores de salida próximos a los 125 mg/l, excepto los meses invernales. Expresada como porcentaje de reducción se alcanzan los valores de la Directiva.

### **Eliminación de sólidos en suspensión**

El rendimiento en eliminación de sólidos en suspensión es óptimo desde la puesta en marcha del humedal, estando generalmente por debajo de 35 mg/l. Se debe tener en cuenta que existe una producción de micro algas en la laguna de maduración previa al humedal, que supone una cantidad adicional de sólidos en suspensión, que es también eliminada por el humedal, obteniéndose en todos los casos un efluente altamente clarificado dentro de lo exigido por la Directiva tanto en porcentaje, como en mg/l.

## **Eliminación de nutrientes**

La eliminación de nitrógeno y fósforo en el humedal de Los Gallardos es muy limitada, resultado cantidades muy parecidas a la entrada y la salida del sistema. Estos resultados están de acuerdo con lo observado en otros humedales de flujo subsuperficial, donde debido a sus condiciones anaerobias, no es posible la nitrificación. El nitrógeno que abandona el humedal está en forma amoniacal.

El vertido no se realiza a zonas sensibles, por lo que no es de aplicación la Directiva Europea, la EDAR consigue reducciones medias de 36 % para el N y 40 % para el P.

Otros parámetros Se han medido la conductividad eléctrica a la entrada y salida del humedal, con el resultado de que este tratamiento, para el tiempo de retención ensayado, no incrementa significativamente la conductividad. Este dato es interesante, con el fin de determinar si el sistema puede ser apto para reutilizar sus efluentes en riego agrícola, sin incrementar el aporte de sales por agua aplicada.

En cuanto a patógenos se han observado reducciones de coliformes fecales del 97 % (dos órdenes logarítmicos), por lo que se precisaría una desinfección adicional.

Ocasionalmente se han medio también nemátodos intestinales, no habiéndose detectado ni a la entrada ni a la salida del humedal.

Arias, Sergio. (2010) en su trabajo de investigación “Fito remediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas (Colombia)”.

Las plantas que se seleccionan para los humedales artificiales deben estar acordes con el clima y las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas que se van a tratar debido a la presencia de componentes que hacen difícil la sobrevivencia de las plantas y del sistema de filtro biogeoquímico.

La cascarilla de arroz fue descartada para ser empleada en la unidad piloto como medio granular en tratamientos de agua residual por incidir

negativamente en la calidad del efluente, ya que presentó elevados niveles de color ( $> 65$  Pt-Co) y olor (característico de agua residual en descomposición anaerobia).

Los medios filtrantes deben ser inertes y poseer condiciones que no aporten nutrientes, color o cambios en los parámetros fisicoquímicos de las aguas tratadas. Los humedales artificiales demuestran nuevamente ser una excelente alternativa para el tratamiento de aguas residuales producto de las actividades del sector pecuario, las cuales se caracterizan por poseer un alto contenido de materia orgánica.

Los humedales artificiales al combinar medios filtrantes y diferentes tipos de plantas logran las remociones de DBO<sub>5</sub> y SST en las cantidades exigidas por la norma ambiental (mínimo un 80 %) siempre y cuando se realicen las pruebas piloto. En las condiciones ambientales de La Salada las plantas seleccionadas dieron los resultados esperados para las aguas residuales de la unidad porcina, lo cual es un indicativo de que en cada región se deben ensayar plantas de la zona, los medios filtrantes y los caudales de entrada con el fin de definir el sistema más óptimo. No existen sistemas estándar para todas las aguas residuales y para todas las zonas rurales de Colombia, por tanto se debe contar con el apoyo de los aprendices e instructores del Sena conocedores del tema, o de profesionales de las ciencias sanitarias y ambientales con vistas a conseguir los mejores resultados.

En futuras investigaciones se deben estudiar en detalle todos los procesos que ocurren entre las raíces, el agua residual, los microorganismos y el material filtrante.

### **1.3.2 Bases teóricas**

#### **1.3.2.1. Aguas residuales.**

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro u otro medio se introducen en las aguas cloacas y son transportadas media un sistema de alcantarillado.

En general, se considera como aguas residuales domésticas, A.R.D, los líquidos provenientes de las viviendas o residencia, edificios comerciales e institucionales. Se denomina agua residual municipal a los líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal y se llaman aguas residuales industriales las aguas residuales provenientes de las descargas industriales manufactura.

Las aguas de lluvias transportan la carga de techos calles y demás superficies por donde circula; sin embargo, en las ciudades modernas se recogen alcantarillas separadas, sin conexiones conocidas de las aguas residuales domésticas o comerciales y, en general, se descargan directamente al curso de agua natural más próxima sin ningún tratamiento.

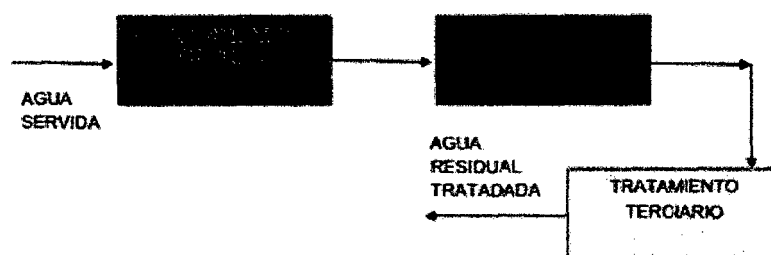
En ciudades que poseen un sistema de alcantarillado combinado se acostumbra captar el caudal de tiempo seco mediante un alcantarillado interceptor y conducirlo a la planta de tratamiento para su procesamiento. Sin embargo, durante los aguaceros, el caudal en exceso de la capacidad de la planta y del alcantarillado interceptor se desvía directamente al curso natural del agua. En este caso se puede presentar riesgos serios de contaminación y de violación de las normas de descargas, los cuales solo se puede evitar reemplazando el sistema de alcantarillado combinado por un separador (Romero, 2002).

### **Métodos de tratamientos de agua**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías - y eventualmente bombas – a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado. En la figura se muestra el proceso de tratamiento de las aguas servidas.

**Figura 01:** Etapas de tratamiento de aguas servidas.



Fuente: Autor

Estos procesos de tratamiento son típicamente referidos a un:

- Tratamiento primario (asentamiento de sólidos)
- Tratamiento secundario (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente)
- Tratamiento terciario (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección)

### **Parámetros**

Para determinar la calidad de un agua es necesario analizar los parámetros:

**Parámetros físicos:**

- Características organolépticas (olor, color y sabor)
- Temperatura (la temperatura óptima es de 8-15°C)
- Conductividad (gracias a las sales)
- Turbidez

**Parámetros químicos:** incluyen a los orgánicos, los inorgánicos y los gases.

- **Parámetros orgánicos:** miden la cantidad de materia orgánica que hay en el agua. A > cantidad de materia orgánica en el agua < calidad del agua.
  - **DBO (demanda bioquímica del O):** Mide el oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia. El periodo de incubación tras el cual se realiza la medición suele ser de 5 días, comparándose el valor obtenido con el original presente en la muestra. Se determina así la cantidad aproximada de oxígeno utilizado que se requerirá para degradar biológicamente la materia orgánica.
  - **DQO (demanda química de oxígeno):** Mide el oxígeno disuelto requerido para oxidar la materia mediante un agente químico. Mide la cantidad de materia orgánica total (la biodegradable y la no biodegradable)
- **Parámetros inorgánicos:** los más usuales son el pH y la concentración de sales.
- **Gases:** los gases presentes habitualmente en las aguas naturales son el nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono, que son gases comunes en la atmósfera, mientras que en las aguas residuales hay sulfuro de hidrógeno, metano y amoníaco, que procede de la

descomposición de la materia orgánica. Por otro lado, en las aguas desinfectadas se puede encontrar cloro y ozono.

### **Parámetros microbiológicos:**

- Este control es exclusivo para aguas de uso humano. Se basan en medir la presencia de microorganismos como son bacterias coliformes que producen la contaminación fecal y los microorganismos patógenos que producen cólera.
- Además de estos parámetros existen organismos bio indicadores que nos pueden informar sobre la calidad del agua. Éstos son larvas de algunos insectos, moluscos, que no pueden vivir en aguas contaminadas.

A continuación se describirán las etapas del tratamiento de aguas servidas.

### **Etapas del tratamiento**

#### **Tratamiento primario**

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico.

#### **Remoción de sólidos**

En el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en cámaras de rejillas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado, tales como trapos, barras, condones, compresas, tampones, latas, frutas, papel higiénico, etc. Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.

#### **Remoción de arena**

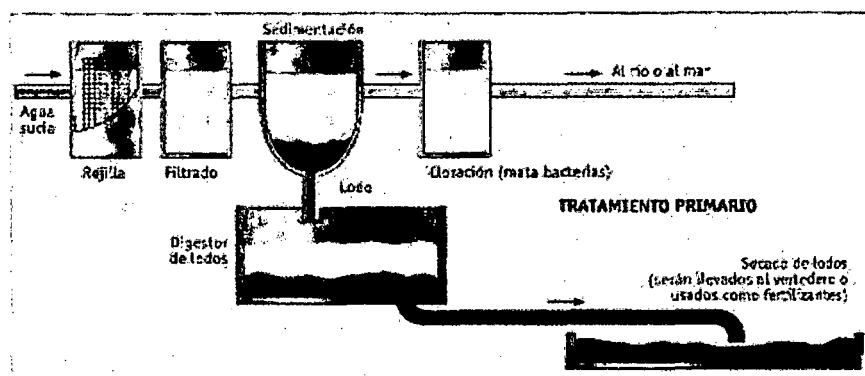
Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que transporta la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

### **Sedimentación**

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente. Los tanques primarios de establecimiento se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente los fangos recogido hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba puede llevar a éste hacia otras etapas del tratamiento. En la figura se muestra la sedimentación.

Figura 02: Tratamiento primario.





Fuente: [www.tecnun.e/Hipertexto/11CAgu/11-10Pro.jpg](http://www.tecnun.e/Hipertexto/11CAgu/11-10Pro.jpg)

## Tratamiento secundario

El tratamiento secundario es designado para substancialmente degradar el contenido biológico de las aguas residuales que se derivan de la basura humana, basura de comida, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales e industriales trata el licor de las aguas residuales usando procesos biológicos aeróbicos. Para que sea efectivo el proceso biótico, requiere oxígeno y un sustrato en el cual vivir. Hay un número de maneras en la cual esto está hecho. En todos estos métodos, las bacterias y los protozoarios consumen contaminantes orgánicos solubles biodegradables (por ejemplo: azúcares, grasas, moléculas de carbón orgánico, etc.) y unen muchas de las pocas fracciones solubles en partículas de flóculo. Los sistemas de tratamiento secundario son clasificados como película fija o crecimiento suspendido. En los sistemas fijos de película (como los filtros de roca) la biomasa crece en el medio y el agua residual pasa a través de él. En el sistema de crecimiento suspendido —como fangos activos— la biomasa está bien combinada con las aguas residuales. Típicamente, los sistemas fijos de película requieren superficies más pequeñas que para un sistema suspendido equivalente del crecimiento, sin embargo, los sistemas de crecimiento suspendido son más capaces ante choques en el cargamento biológico y provee cantidades más altas del retiro para el DBO y los sólidos suspendidos que sistemas fijados de película.

## Filtros de desbaste

Los filtros de desbaste son utilizados para tratar particularmente cargas orgánicas fuertes o variables, típicamente industriales, para permitirles ser tratados por procesos de tratamiento secundario. Son filtros típicamente altos, filtros circulares llenados con un filtro abierto sintético en el cual las aguas residuales son aplicadas en una cantidad relativamente alta. El diseño de los filtros permite una alta descarga hidráulica y un alto flujo de aire. En instalaciones más grandes, el aire es forzado a través del medio usando sopladores. El líquido resultante está usualmente con el rango normal para los procesos convencionales de tratamiento.

### **Fangos activos**

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoníaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

### **Camas filtrantes (camas de oxidación)**

Se utiliza la capa filtrante de goteo utilizando plantas más viejas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos). Tales medios deben tener altas superficies para soportar los biofilms que se forman. El licor es distribuido mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central. El licor distribuido gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacteria, protozoarios y hongos se forman en la superficie media y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Este biofilm es alimentado a menudo por insectos y gusanos.

## **Placas rotativas y espirales**

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolvimiento lento que son parcialmente sumergidas en un licor. Se crea un flóculo biótico que proporciona el substrato requerido.

## **Reactor biológico de cama móvil**

El reactor biológico de cama móvil (MBBR, por sus siglas en inglés) asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos para que se adjunte la biomasa. Esta conversión hace como resultante un sistema de crecimiento. Las ventajas de los sistemas de crecimiento adjunto son:

- Mantener una alta densidad de población de biomasa.
- Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración del licor mezclado de sólidos.
- Eliminar el costo de operación de la línea de retorno de fangos activos.

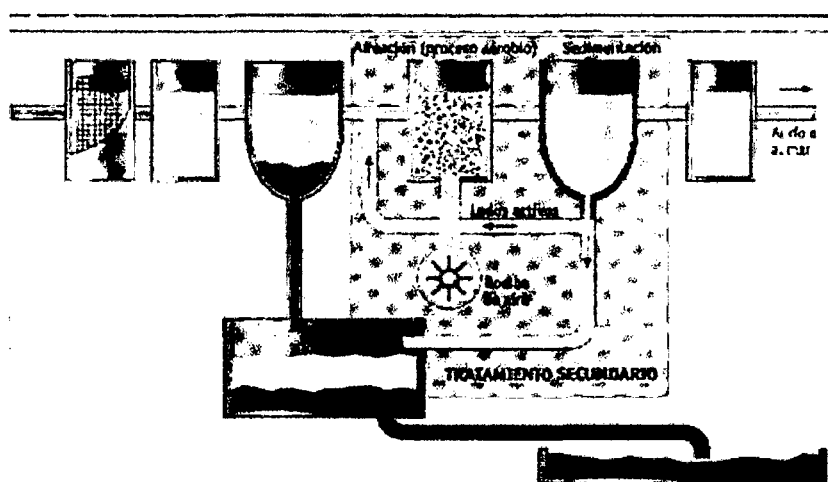
## **Filtros aireados biológicos**

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o des nitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoníaco ocurre en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un sólo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxica. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

## **Reactores biológicos de la membrana**

### Sedimentación secundaria

**Figura 03: Tratamiento secundario.**



### Tratamiento terciario

16

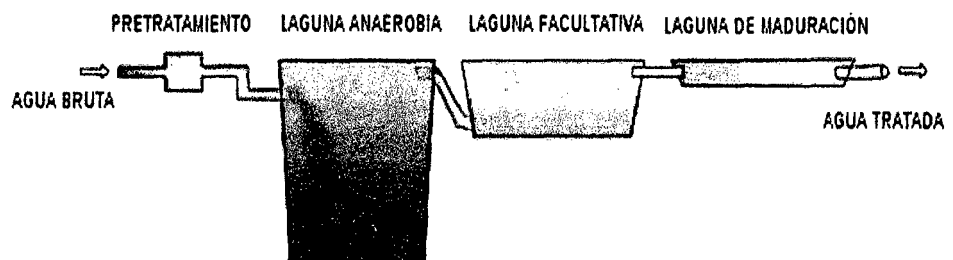
## Filtración

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.

## Lagunaje

El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural. Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por los macrófitas nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotífera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas. El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos. En la figura se muestra el lagunaje.

Figura 04: Esquema de una depuradora por lagunaje.



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales# Tratamiento\\_biol.C3.B3gico](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales#Tratamiento_biol.C3.B3gico)

## Tierras húmedas construidas

Las tierras húmedas construidas incluyen camas de caña y un rango similar de metodologías similares que proporcionan un alto grado de mejora biológica aerobia y pueden ser utilizados a menudo en lugar del

tratamiento secundario para las comunidades pequeñas, también para la fito remediación.

### **Remoción de nutrientes**

Las aguas residuales poseen nutrientes pueden también contener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que eso en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o eso puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción (por ejemplo: mala hierba o crecimiento de algas). Las malas hierbas y las algas pueden parecer ser una edición estética, pero las algas pueden producir las toxinas, y su muerte y consumo por las bacterias (decaimiento) pueden agotar el oxígeno en el agua y asfixiar los pescados y a otra vida acuática. Cuando se recibe una descarga de los ríos a los lagos o a los mares bajos, los nutrientes agregados pueden causar pérdidas entrópicas severas perdiendo muchos peces sensibles a la limpieza del agua. La retirada del nitrógeno o del fósforo de las aguas residuales se puede alcanzar mediante la precipitación química o biológica.

La remoción del nitrógeno se efectúa con la oxidación biológica del nitrógeno del amoníaco a nitrato (nitrificación que implica nitrificar bacterias tales como Nitrobacter y Nitrosomonas), y entonces mediante la reducción, el nitrato es convertido al gas nitrógeno (des nitrificación), que se lanza a la atmósfera. Estas conversiones requieren condiciones cuidadosamente controladas para permitir la formación adecuada de comunidades biológicas. Los filtros de arena, las lagunas y las camas de lámina se pueden utilizar para reducir el nitrógeno. Algunas veces, la conversión del amoníaco tóxico al nitrato solamente se refiere a veces como tratamiento terciario.

La retirada del fósforo se puede efectuar biológicamente en un proceso llamado retiro biológico realzado del fósforo. En este proceso específicamente bacteriano, llamadas Polyphosphate que acumula organismos, se enriquecen y acumulan selectivamente grandes cantidades de fósforo dentro de sus células. Cuando la biomasa

enriquecida en estas bacterias se separa del agua tratada, los biosólidos bacterianos tienen un alto valor del fertilizante. La retirada del fósforo se puede alcanzar también, generalmente por la precipitación química con las sales del hierro (por ejemplo: cloruro férrico) o de aluminio (por ejemplo: alumbre). El fango químico que resulta, sin embargo, es difícil de operar, y el uso de productos químicos en el proceso del tratamiento es costoso. Aunque esto hace la operación difícil y a menudo sucia, la eliminación química del fósforo requiere una huella significativamente más pequeña del equipo que la de retiro biológico y es más fácil de operar.

### **Desinfección**

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales. El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la clorina, o la luz UV. La Cloramina, que se utiliza para el agua potable, no se utiliza en el tratamiento de aguas residuales debido a su persistencia.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en México debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. La clorina o las "cloraminas" residuales pueden también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el

ambiente acuático natural. Además, porque la clorina residual es tóxica para especies acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorinado, agregándose complejidad y costo del tratamiento.

La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos de la clorina en el tratamiento de aguas residuales y en la clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).

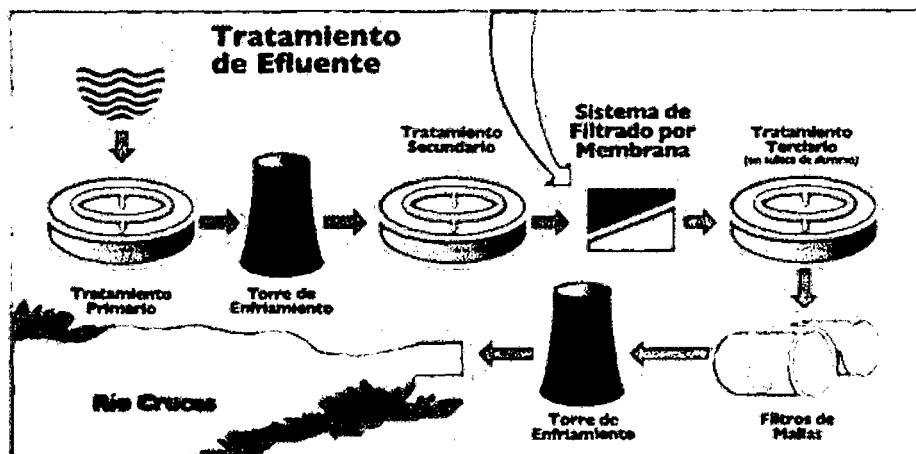
El ozono  $O_3$  es generado pasando el  $O_2$  del oxígeno con un potencial de alto voltaje resultando un tercer átomo de oxígeno y que forma  $O_3$ . El ozono es muy inestable y reactivo y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades.

El ozono se considera ser más seguro que la clorina porque, mientras que la clorina que tiene que ser almacenada en el sitio (altamente venenoso en caso de un lanzamiento accidental), el ozono es colocado según lo necesitado.

La ozonización también produce pocos subproductos de la desinfección que la desinfección con cloro. Una desventaja de la desinfección del ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono y que la cualificación de los operadores deben ser elevada. En la figura se muestra el tratamiento terciario por osmosis inversa. Perez, Fausto 2011

**Figura 05:** tratamiento terciario por osmosis inversa.





Fuente: [www.uach.cl/rrpp/online/img\\_galerias/1051.jpg](http://www.uach.cl/rrpp/online/img_galerias/1051.jpg)

### Decreto Supremo N°003-2010-MINAM.

Con la finalidad de controlar excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente, el Ministerio del Ambiente publicó en el diario El Peruano el Decreto Supremo N°003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda. La determinación y cumplimiento de estos LMP corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental, organismos que a través de este Decreto Supremo, han dispuesto de plazos para que las PTAR, definidas como infraestructura y procesos para depurar las aguas residuales domésticas o municipales, se adecúen de manera progresiva a estos nuevos límites promovidos por el MINAM, los cuales contarán a su vez con un Protocolo de Monitoreo, que será establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación

con el Ministerio del Ambiente. El Decreto Supremo N° 003 en su artículo 3° sobre el Cumplimiento de los LMP de efluentes de PTAR, sostiene que estos niveles (LMP) no se aplicarán a las PTAR que cuenten con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario con disposición final a través de emisario submarino. Asimismo, la norma señala que los titulares de las PTAR que se encuentren en operación durante la dación de este dispositivo legal y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación de este D.S., para presentar ante el Ministerio de Vivienda su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, PAMA. Este ministerio será el que definirá el respectivo plazo de adecuación. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación de esta norma y que sí cuenten con certificación ambiental tendrán tres años de plazo, contados a partir de la publicación de este decreto, para presentar su PAMA al Ministerio de Vivienda. De otro lado, el D.S. 003-2010-MINAM, señala que los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitorio de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en el cual se establecerá la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos. Ministerio del Ambiente. (2010).

Finalmente, el Ministerio de Vivienda elaborará y remitirá al Ministerio del Ambiente, dentro de los primeros 90 días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo proporcionados por los titulares de las PTAR, el cual será un punto de partida para la fiscalización y sanción ante el incumplimiento de los LMP por parte de las PTAR, lo cual, según la norma en mención, estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda. Los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR son:

#### **CUADRO N° 01. LMP para efluentes de PTAR.**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA SER VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termo tolerantes	NMP/100 MI	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

**Fuente:** Ministerio del Ambiente. Lima 2010

### **Humedal:**

El término humedal, significa un espacio de terreno o área inundada o saturada por agua superficial o subterránea, con una duración y frecuencia suficientes para soportar la permanencia de vegetación típicamente adaptada para la vida en condiciones de suelo saturado.

Los humedales, por lo general, incluyen pantanos, ciénagas, dunas, marismas, turberas y áreas similares. Los humedales ocupan las zonas de transición entre ambientes permanentemente húmedos y los siempre secos, compartiendo características de ambos ambientes. Son territorios donde la capa freática (zona de acumulación de agua) está al mismo nivel o cerca de la superficie, o donde el terreno está cubierto por una lámina de agua poco profunda. La clave en su clasificación, es la presencia de agua en un periodo significativo de tiempo, lo que eventualmente va cambiando los suelos, los microorganismos y las comunidades de plantas y animales, de modo que ese terreno funcionan de manera diferente de los hábitats acuáticos y secos.

Esta definición, no incluye los ambientes inundados por aguas permanentes y profundas (lagos y lagunas), que son considerados como un tipo aparte: hábitats de aguas profundas con una altura superior a dos metros.

Los humedales deben tener una o más de las siguientes características:

- Al menos de forma periódica, el terreno mantiene vegetación hidrófila (que vive en un ambiente inundado).
- El sustrato está formado por suelos hídricos.
- El suelo está saturado de agua o cubierto por aguas poco profundas, por lo menos una vez, durante la estación más productiva del año.

De los tres factores principales que caracterizan a los humedales, el agua es el que determina y tiene un peso especial, porque ni los sustratos ni las biodiversidades características a ellos se podrían desarrollar en la ausencia de condiciones hidrológicas. Dra. Guadalupe de la Lanza.

#### **1.3.2.2. Humedales Artificiales:**

Los Humedales artificiales son sistemas de Fito depuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente.

El tratamiento de aguas residuales para depuración se lo realiza mediante sistemas que tienen tres partes principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

Los humedales construidos se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales:

- Aguas domésticas y urbanas.

- Aguas industriales, incluyendo fabricación de papel, productos químicos y farmacéuticos, cosméticos, alimentación, refinerías, mataderos, entre otros.
- Aguas de drenaje de extracciones mineras.
- Aguas de escorrentía superficial agrícola y urbana.
- Tratamiento de fangos de depuradoras convencionales, mediante deposición superficial en humedales de flujo superficial donde se deshidratan y mineralizan (Delgadillo, Oscar y otros, 2010)

Cuando el agua llega a una estación depuradora, pasa por una serie de tratamientos que extraen los contaminantes del agua y reducen su peligro para la salud pública. El número y tipo de tratamientos dependen de las características del agua contaminada y de su destino final. Estos sistemas purifican el agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforos. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización reemplazan así el tratamiento secundario e inclusive, bajo ciertas condiciones, al terciario y primario de las aguas residuales (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante. En conjunto, estos elementos eliminan

materiales disueltos y suspendidos en el agua residual y biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

Los humedales tienen tres funciones básicas que les confieren atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales: fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

La Fito depuración, en este caso, se refiere a la depuración de aguas contaminadas por medio de plantas superiores (macrófitas) en los humedales o sistemas acuáticos, ya sean estos naturales o artificiales. El termino macrófitas, dado su uso en el lenguaje científico, abarca a las plantas acuáticas visibles a simple vista, incluyen plantas acuáticas vasculares, musgos, algas y helechos. Constituyen “Fito sistemas”, por que emplean la energía solar a través de la fotosíntesis. Básicamente, se trata de captar la luz solar y transformarla en energía química, que es usada en su metabolismo para realizar funciones vitales. Al realizar la planta sus funciones vitales, colabora en el tratamiento de las aguas. (Delgadillo, Oscar y otros, 2010)

#### **1.3.2.2.1 Clasificación de los Humedales Artificiales:**

Los Humedales Artificiales pueden ser clasificados según el tipo de macrófitas que empleen en su funcionamiento: macrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres.

Considerando la forma de vida de estas macrófitas, los humedales artificiales pueden ser clasificados en:

Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes: principalmente angiospermas sobre suelos anegados. Los órganos

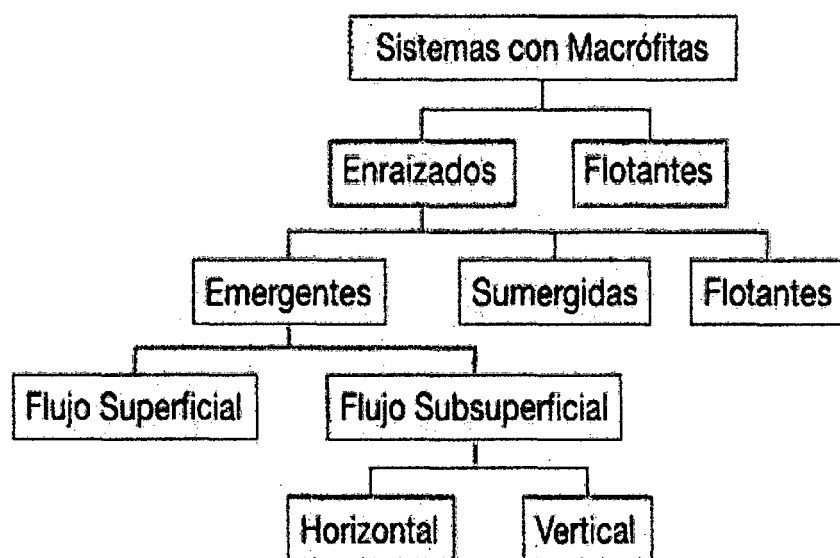
reproductores son flotantes o aéreos. El Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*lemna sp.*) son las especies más utilizadas para este sistema.

Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas: comprenden algunos helechos numerosos musgos y carofitas y muchas angiospermas. Se encuentran en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), aunque las angiospermas vasculares solo viven hasta los 10 m de profundidad aproximadamente, los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos.

Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes: en suelos anegados permanente o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos. Pueden ser de dos tipos, de acuerdo a la circulación del agua que se emplee: 1) humedales de flujo superficial, si el agua circula en forma superficial entre los tallos de las macrófitas y 2) humedales de flujo sub superficial, si el agua circula por debajo de la superficie del estrato del humedal. (Delgadillo,Oscar y otros, (2010).

#### 1.3.2.2.2 Tipos de humedales artificiales:

**Figura: 06 tipos de humedales artificiales**

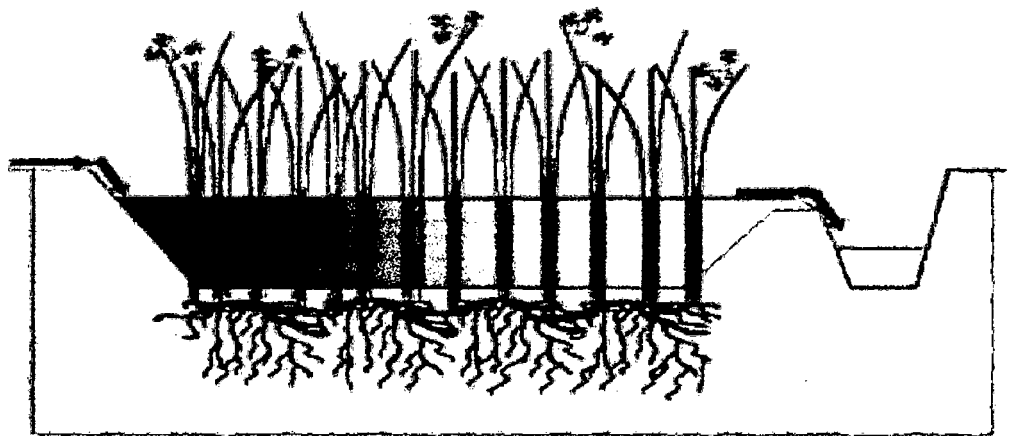


**Fuente:** Delgadillo, Oscar y otros.

#### **1.3.2.2.1 Humedales artificiales de flujo superficial:**

Los sistemas de flujo superficial son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera. Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales, a diferencia de éstas, tienen menor profundidad (no más de 0,6m) y tienen plantas.

**Figura: 07 de flujo superficial**



**Fuente:** Delgadillo, Oscar y otros.

En términos de paisaje, este sistema es bastante recomendable por su capacidad de albergar distintas especies de peces, anfibios, aves, etc. Pueden constituirse, en lugares turísticos y en sitios de estudio de diferentes disciplinas por las complejas interacciones biológicas que se generan y establecen. (Delgadillo, Oscar y otros, 2010)



#### **1.3.2.2.2.2 Humedales de flujo sub superficial:**

Los sistemas de flujo sub superficial, se caracterizan por que la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cerca a los 0.9m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. Los humedales de flujo sub superficial puede ser de dos tipos: a) en función de la forma de aplicación de agua al sistema: humedales de flujo sub superficial horizontal y b) humedales de flujo sub superficial vertical. (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

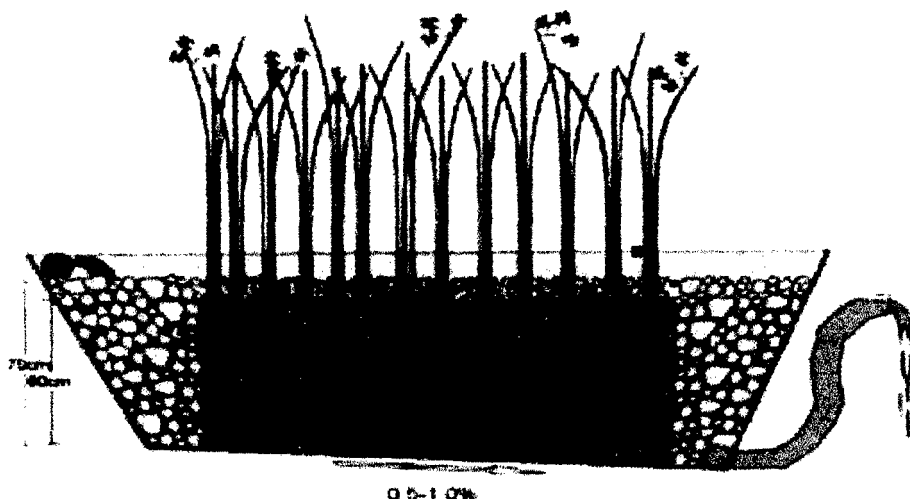
##### **1.3.2.2.2.2.1 Humedales sub superficiales de flujo horizontal:**

Son los sistemas más utilizados en Europa y tienen su origen en la investigación de Seidel (1967) y Kickuth (1977). El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de los casos con la caña común o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo.

El agua ingresa en forma permanente. Es aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón). La profundidad del lecho varía entre 0.45 m a 1 m y tiene una pendiente entre 0.5% a 1%.

El agua residual no ingresa directamente al medio granular principal (cuerpo), sino que existe una zona de amortiguación generalmente formada por grava de mayor tamaño (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

**Figura: 08 de flujo horizontal**



**Fuente:** Delgadillo, Oscar y otros

El sistema de recogida consiste en un tubo de drenaje cribado, rodeado con grava de igual tamaño que la utilizada al inicio. El diámetro de la grava de ingreso y salida oscila entre 50mm a 100mm. La zona de plantación está constituida por grava fina de un solo diámetro, entre 3mm a 32mm.

Es fundamental que el agua residual que ingresa al sistema se mantenga en un nivel inferior a la superficie (5-10cm), lo cual se logra regulando el nivel del dispositivo de salida en función a este requerimiento. (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

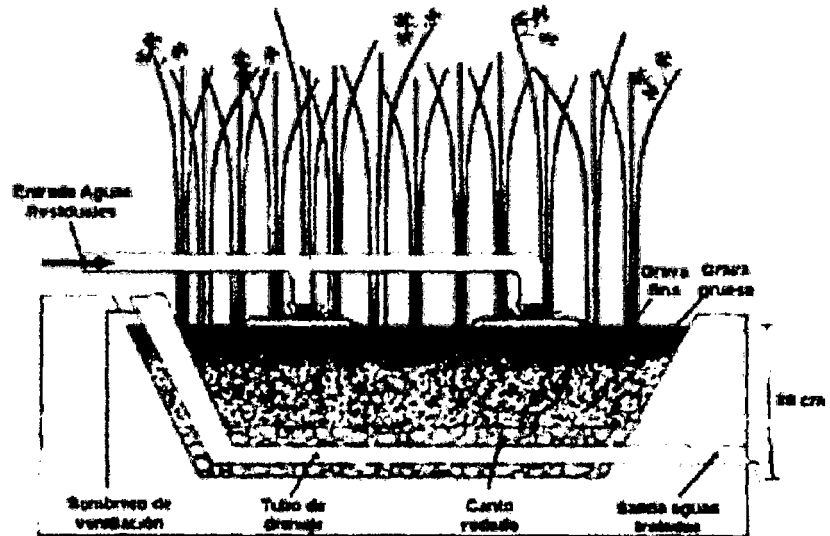
#### **1.3.2.2.2.2 Humedales sub superficiales de flujo vertical:**

Los sistemas verticales con flujo sub superficial son cargados intermitentemente. De esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por periodos de instauración, estimulando el suministro de oxígeno. Hay muchas posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama matriz, etc. y los resultados que se han obtenido son promisorios.

También conocidos como filtros intermitentes, este tipo de humedales reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a

través de un sistema de tuberías de aplicación de agua (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

**Figura:09 de flujo vertical**



**Fuente:** Delgadillo, Oscar y otros

Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias. La vegetación emergente se planta también en este medio granular.

Adicionalmente, para favorecer las condiciones aerobias del medio poroso, se suele colocar un sistema de aireación con chimeneas, que son tuberías cilíndricas con salidas al exterior. A diferencia de un humedal sub superficial de flujo horizontal, el sustrato está constituido por varias capas, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo. (Delgadillo, Oscar y otros, 2010).

#### **1.3.2.2.2.3 Partes de los humedales de flujo sub superficial:**

Están constituidos básicamente por cuatro elementos: agua residual, sustrato, vegetación y microorganismos.

#### **Agua residual:**

Las aguas residuales son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal, en este caso (Mara en Rolim, 2000).

Según su uso precedente, estas aguas resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos que provienen de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con residuos de industrias, de actividades agrícolas, así como las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación.

De acuerdo a Lara (1999), la hidrología es el factor de diseño más importante en un humedal construido por que reúne todas las funciones del humedal y porque es a menudo el factor primario decisivo en su éxito o fracaso, por los siguientes motivos:

Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento.

Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, un sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmosfera a través de la lluvia y la evo transpiración (la pérdida combinada de agua por evaporación del suelo y transpiración de las plantas).

La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente a su hidrología, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de raíces y rizomas y bloqueando la exposición al viento y al sol. (Delgadillo, Oscar y otros, 2010)

#### **Sustrato (medio granular):**

En los humedales, el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico.

La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso de agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5mm aproximadamente y con pocos finos.

El sustrato, sedimentos y resto de vegetación en los humedales artificiales son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal.
- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- Proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.

La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, fijación de microorganismos y es una fuente de carbono que es a la vez, la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el humedal. (Delgadillo, Oscar y otros, 2010)

El medio es responsable directo de la extracción de algunas sustancias contaminantes mediante interacciones físicas y químicas.

El tamaño del medio granular afecta directamente al flujo hidráulico del humedal y por ende en el caudal del agua a tratar. Si el lecho granular está constituido por elevadas cantidades de arcilla

y limo, se consigue una mayor capacidad de absorción y una mejor filtración, ya que la adsorción es alta y el diámetro de los huecos es pequeño. Pero también este medio presenta una elevada resistencia hidráulica y requiere velocidades de flujo muy bajas, limitando el caudal a tratar. Por el contrario, si el lecho granular está formado por gravas y arenas, disminuye la capacidad de adsorción y el poder filtrador, pero aumenta la conductividad hidráulica.

De forma indirecta, el medio granular contribuye a la eliminación de contaminantes porque sirve de soporte de crecimiento de las plantas y colonias de microorganismos que llevan a cabo la actividad biodegradadora (bio películas).

### **Vegetación:**

El papel de la vegetación en los humedales está determinado fundamentalmente por las raíces y rizomas enterrados. Las plantas son organismos foto autótrofos, es decir que recogen energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico. Tienen la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces. Este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación.

De acuerdo a Lara (1999), las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y esorrentía de varias maneras:

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes y elementos traza y los incorpora a los tejidos de la planta.

- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras sub superficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.

### **Microorganismos:**

Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico. En la zona superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección. Los principales microorganismos presentes en la bio película de los humedales son: bacterias, levaduras, hongos y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono y muchos nutrientes. La actividad microbiana tiene la función de transformar un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas e insolubles y alterar las condiciones de potencial de reducción y oxidación del sustrato afectando así a la capacidad de proceso del humedal. Asimismo, gracias a la actividad biológica, muchas de las sustancias contaminantes se convierten en gases que son liberados a la atmósfera. (Delgadillo, Oscar y otros, 2010)

### **1.3.2.3 Barranco**

El término ‘barranco’ se utiliza para hacer referencia a un tipo de accidente geográfico que se caracteriza por la formación de un cauce o de una depresión en el terreno causada principalmente por la erosión continua o repentina de un curso de agua (un río, un manantial, etc.). El barranco es siempre irregular y puede variar su

tamaño o extensión con el tiempo de acuerdo a cómo varíe también el cauce del río o del curso de agua que lo afecta. Los barrancos suelen ser, además, espacios peligrosos para el hombre y para los animales ya que el suelo no es firme y puede provocar derrumbes o caídas precipitadas.

El barranco suele tener un tamaño moderado pero esto no se aplica a todos los casos si no que hay excepciones a la regla. En algunos casos, el barranco toma una forma definitiva a partir de la consolidación del territorio en determinados parámetros. Pero en otros, el barranco puede formarse por una situación súbita y variar cuando esta situación desaparece o se aplaca. El barranco siempre supone una caída de una altura más o menos importante, el fin de la superficie terrestre y el precipicio (que en ciertas ocasiones puede ser menor). En la mayoría de los casos, la caída es bastante empinada ya que al ser causado el barranco por la erosión, esta va disminuyendo la altura del terreno y dejando paredes altas de tierra a sus costados.

#### **1.3.2.4 *Arundo donax* (Caña Brava)**

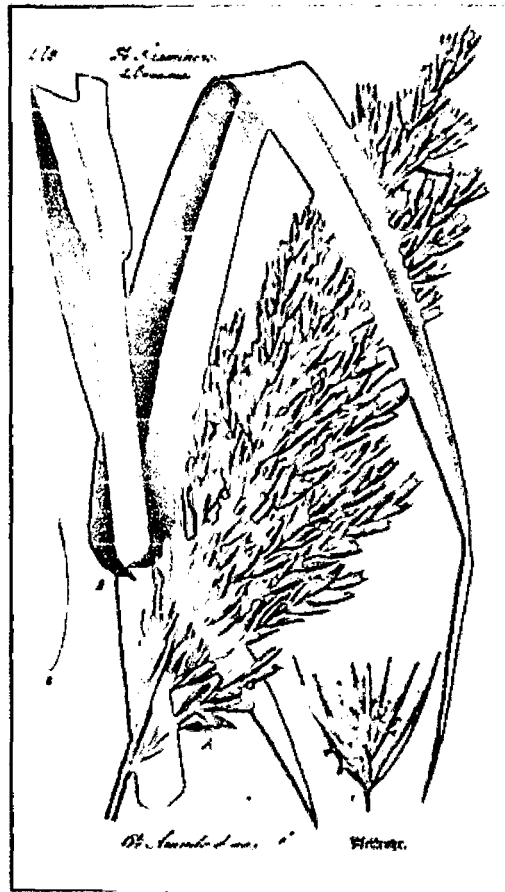
*Arundo donax*, la caña común, caña de Castilla o caña brava es una especie de planta herbácea perteneciente a la familia Poaceae.

Es una planta semejante al bambú, del que se diferencia porque de cada nudo sale una única hoja que envaina el tallo.

Alcanza los 3-6 m de altura, tiene tallo grueso y hueco. Las hojas lanceoladas son largas que envuelven el tallo en forma de láminas verdes brillante. Las flores están en una gran panícula de espiguillas violáceas o amarillas de 3-6 cm de longitud. Cada espiguilla tiene una o dos flores.

**Figura: 10 Caña Brava (*Arundo donax*)**





**Fuente:** Lowe S., Browne M y otros

Su hábitat son los humedales de aguas permanentes o estacionales. Las cañas se extienden por sus rizomas subterráneos que crecen formando largas colonias de varios metros a lo largo de los cursos de agua o donde se acumula agua freática o humedad.

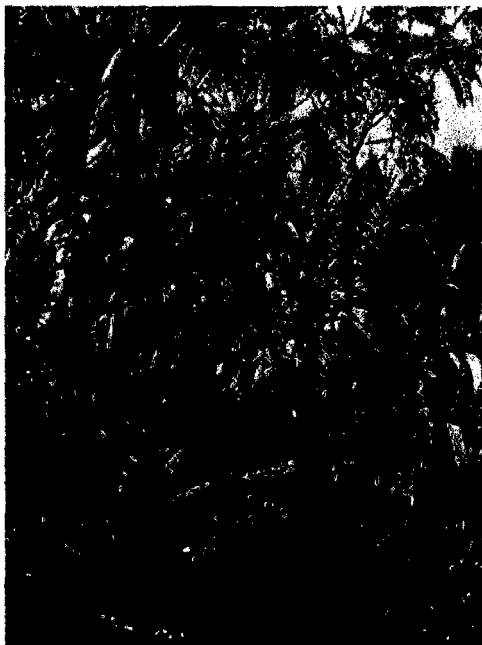
### **Propiedades**

*Arundo donax* produce más biomasa por hectárea que cualquier otra planta de biomasa conocida, aparte del bambú. Esta planta desde hace tiempo se reconoce como importante productora de biomasa industrial que pueden cultivarse en una amplia variedad de tipos de suelos y condiciones climáticas. Alcanza la madurez (5 a 8 metros) en aproximadamente un año, puede ser cosechado, dependiendo del clima, de una vez a tres veces al año.

*Arundo donax* produce un promedio de 50 toneladas de alta calidad de fibra por hectárea dos veces al año. Muy importante

también es la importancia de un cultivo por la capacidad de excluir a muchos costoso fertilizantes y herbicidas que son también una preocupación ambiental. Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2000).

**Figura: 11 Caña Brava (*Arundo donax*)**



**Fuente:** Lowe S., Browne M y otros

#### **1.3.2.5 PROGRAMA DE ADECUACIÓN DE VERTIMIENTOS Y REUSOS (PAVER)**

Área de Gestión de la Calidad del Agua

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos

Marco Legal

Artículo 79° de la Ley de Recursos Hídricos:

“La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda

prohibido el vertimiento directo indirecto de Agua residual sin dicha autorización.”

Artículo 82° de la Ley de Recursos Hídricos:

“La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma.”

Problema:

1. 10% de las aguas residuales municipales a nivel nacional son tratadas antes de su vertimiento, Incumpliendo la normatividad ambiental.
2. 95% de los efluentes pesqueros incumplen LMP y su descarga conjunta supera la capacidad de asimilación de las bahías.
3. Existencia de otros vertimientos industriales no autorizados y no identificados.
4. Identificar los vertimientos de aguas residuales no autorizados e ingresarlos a un proceso de adecuación para el cumplimiento de la normatividad vigente ECA y LMP

Objetivo: Los vertimientos y reúsos que pueden acceder al PAVER deben cumplirlos siguientes requisitos:

Alcance

1. En curso al 24 de marzo de 2010, fecha de promulgación del D.S.001-2010-AG (RLRH)
2. No autorizados o con autorización de vertimiento vencida (otorgada por DIGESA)

3. No se trate de un rehúso para fines agrícolas .En este caso deberá seguir el procedimiento normal.
4. No se haya iniciado auto de apertura de instrucción ante el poder judicial .Ejemplo. Delito contra la salud pública.

#### **Resultados Esperados**

Aplicación de la Retribución Económica por Vertimiento a todo vertidor de aguas residuales. Bases para la diferenciación por Carga Contaminante y no por volumen:

- Con tratamiento paga menos que sin tratamiento.
- Enfoque basado en la solución y no en el problema, la sanción como medio y no como un fin.
- Implementación de un Registro Nacional de Vertimientos y Reúsos (RENAVER)
- ALAs y AAA implementan la gestión de la calidad del agua y control de vertimientos y reúsos.

#### **1.3.3 Definición de términos.**

##### **Bacterias.**

Organismos eubacteriales procarióticos unicelulares. Morfológicamente se clasifican como cocos, bacilos, curvados o vibriones, espirales o espirillas o espiroquetas y filamentosas. Son los organismos más importantes en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Así mismo los organismos bacteriales patógenos que pueden acompañar las excretas humanas originan uno de los problemas sanitarios más graves en áreas de malas condiciones sanitarias.

##### **Hongos.**

Los hongos son protistas aerobios, multicelulares, no fotosintéticos y heterotróficos. La mayoría se alimenta de materia orgánica muerta y

constituyen, junto con las bacterias, los organismos principalmente responsables de la descomposición del carbono. En las aguas residuales son importantes porque soportan medios ácidos de bajo pH.

#### **Virus.**

Parásitos obligados que encierran en sí mismos la información genética para reproducirse. Constituyen uno de los riesgos más importantes para la salud.

#### **Turbiedad.**

Es una medida de las propiedades de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. La medición de la turbiedad se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una referencia bajo las mismas condiciones. El material coloidal impide la transmisión de la luz ya que la absorbe o dispersa.

#### **PH.**

Medida de la concentración de ion hidrogeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrogeno. Aguas residuales en concentración adversa de ion hidrogeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de seis, en tratamiento biológico favorece el crecimiento de hongos sobre las bacterias.

#### **Temperatura.**

Es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, así como sobre el método de disposición final.

La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial.

La temperatura óptima para la actividad bacterial es de 25 A 35 C°.

### **Sulfatos.**

Ion común en aguas residuales, se requiere para la síntesis de proteínas y se libera en su descomposición. En condiciones anaerobias origina problemas de olor y corrosión de alcantarillas.

### **Grasas y aceites.**

Se consideran grasas y aceites a los compuestos de carbono, hidrogeno y oxigeno que flotan en el agua residual, cubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar. En las aguas residuales domesticas las grasas y aceites generalmente provienen de la mantequilla, margarina, aceites vegetales y carnes.

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Es la cantidad medida de oxígeno que requieren microorganismos aclimatados para degradar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales.

La DBO es el parámetro más importante en el control de la contaminación del agua. Este dato se utiliza como una medida de la contaminación orgánica como una base para estimar el oxígeno necesario para los procesos biológicos y como un indicador del rendimiento de los procesos.

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente las sustancias orgánicas presentes.

## **1.4. VARIABLES**

### **1.4.1 Variable Independiente:**

**X** = Humedales artificiales.

### **1.4.2 Variable Dependiente:**

**Y** = Tratamiento de Aguas residuales.

**Indicadores:** Remoción de parámetros (coliformes termo tolerantes, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, sólidos en suspensión, temperatura y turbiedad)

## **1.5. HIPÓTESIS**

Si aplicamos el humedal artificial entonces será eficiente el tratamiento de aguas residuales en barranco sector cruce de Uchuglla.

**H1:** Si aplicamos el humedal artificial entonces será eficiente el tratamiento de aguas residuales en barranco sector cruce de Uchuglla.

**H0:** Si aplicamos el humedal artificial entonces **no** será eficiente el tratamiento de aguas residuales en barranco sector cruce de Uchuglla.

## CAPITULO II

### II. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

**De acuerdo a la orientación.**

➤ Aplicada

**De acuerdo a la técnica de contrastación**

➤ Explicativa

#### 2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño de pre-prueba – post-prueba con un solo grupo

G.E: O <sub>1</sub> X O <sub>2</sub>
--------------------------------------

El diseño de la investigación empieza con la caracterización fisicoquímica y microbiológica, el cual se realizó en la entrada del humedal, luego se aplicó el tratamiento para la depuración del agua residual utilizando la especie *Arundo donax*, después de ello se hizo la caracterización del agua residual a la salida del humedal.

#### 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

##### 2.3.1 Población.

La población estará representada por el caudal promedio 3 m<sup>3</sup>/día generada por las viviendas aledañas al sector cruce de Uchuglla descargadas en el barranco.

##### 2.3.2 Muestra.

Está representada por 12 muestras de 500ml de agua residual cada una, haciendo un total de 6 litros.



## **2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Dependiendo del tipo de investigación a realizar, las técnicas de recolección de información son de dos formas: la información existente denominada información secundaria y la información de primera mano llamada información primaria.

### **2.4.1 Técnicas de recolección de datos secundarios:**

- **Recolección de información:**

Se revisó diversas investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional para realizar el análisis metodológico y científico del presente estudio.

Dentro de las técnicas utilizadas tenemos: fuentes internas, generadas por instituciones públicas y privadas; publicaciones del gobierno; libros y revistas, información del internet y datos de las organizaciones mundiales vinculadas al tema.

### **2.4.2 Técnicas de recolección de datos primarios:**

- **Selección del área de estudio:**

Para la instalación experimental del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales, se seleccionó dos viviendas aledañas que descargaban sus aguas residuales sin ningún tratamiento al barranco del sector cruce de Uchuglla de la ciudad de Moyobamba.

Para la elección del terreno se consideró su pendiente natural.

- **Diseño del humedal artificial:**

Para el diseño del humedal artificial se consultó la norma IS. 010 instalaciones sanitarias, también se usó fórmulas de cálculo hidráulico y dimensionamiento demostradas en los resultados.

- **Dibujo del plano y estructura en Auto Cad 2010**

Con los datos obtenidos del dimensionamiento se procedió a plasmar el diseño del humedal artificial en un plano de Auto Cad, con la finalidad de tener un elemento y material de consulta en campo al momento de la construcción de las estructuras del humedal artificial.

- **Construcción de las estructuras del humedal artificial**

Con los datos del dimensionamiento y el plano en Auto Cad, se procedió a la construcción de la estructura del humedal artificial con las siguientes especificaciones:

1. Limpieza de terreno y mejoramiento del acceso al área donde se proyectó la construcción del humedal, debido a que tanto el terreno como el acceso se encontraban con vegetación y desmonte.
2. Refine y nivelación del terreno, debido a su pendiente natural se tuvo que hacer excavaciones para logra nivelar a la pendiente deseada 0.5%, y dejar descubierta un perímetro de 1.70 m de largo y 0.6 m de ancho.
3. Vaceo del solado, se procedió a preparar concreto simple (cemento portland, hormigón, arena) para el solado con un espesor de 10cm, se tarrajeó con mortero y se impermeabilizó con Sika (sellador) para evitar posibles filtraciones al exterior.
4. Construcción de las paredes del humedal artificial, se empleó como material ladrillo en soga y mortero para las uniones a una altura de 1.00m según diseño, con tarrajeo e impermeabilización con Sika (sellador).

5. Para terminar se adecuaron los accesorios sanitarios, dos cajas de registro (30 x 60 cm) una a la entrada del humedal y la otra a la salida del mismo, que nos servirán para las tomas de muestra.
6. Instalación de tuberías de PVC, se instaló tubería PVC de 2" para conducir las aguas de la caja de registro al humedal, y del humedal a la caja de registro de salida teniendo en cuenta un tramo de adicional de 2 metros para la evacuación hacia el barranco.

- **Selección del sustrato para la fijación de las macrófitas**

Según el diseño del humedal artificial de flujo horizontal, los sustratos óptimos para la fijación de macrófitas son:

- Grava media.
- Grava fina.

Colocados en ese orden y en capas de 15 cm cada una.

- **Selección y recolección de Arundo donax.**

Para la selección se tomó en cuenta las plantas jóvenes de 2 meses aproximados de crecimiento que llegan a una altura de 50 cm, las cuales fueron extraídas de las riveras del río Indoché aledaño a la ciudad de Moyobamba.

- **Siembra de macrófitas (Arundo donax)**

Para proceder con la siembra de los Arundo donax no se debe de tener flujo de aguas residuales para facilitar el sembrado y tener en cuenta un espaciamiento considerado para el crecimiento de los rizomas que serán los encargados de depurar el material orgánico y convertirlo en nutrientes para el desarrollo de las plantas.

La siembra se realizó el 22 de mayo del 2015.

- **Evaluación para la determinación de la eficiencia del humedal artificial**

Para la evaluación de la eficiencia del humedal artificial se comparó los datos de los parámetros obtenidos con los parámetros de los límites máximos permisibles (LMP) del DS N 003-2010 MINAN.

### **Toma de muestras y muestreo**

En la toma de muestras se tomó en cuenta dos puntos para el muestreo:

1. En la caja de registro a la entrada del humedal artificial, la cual nos dará las aguas provenientes del tratamiento primario con tanque séptico.
2. En la caja de registro a la salida del humedal artificial, la cual nos dará aguas de la depuración con humedales artificiales.

El muestreo de aguas residuales se realizó cada 15 días durante 3 meses, empezando el 05 de junio y terminando el 19 de agosto del 2015.

### **Recolección y análisis de muestras**

Se tomaron muestras simples, y el volumen recolectado fue de 500 ml en cada punto de muestreo.

El laboratorio encargado del análisis físico químico y microbiológico fue Anaquímicos del ingeniero químico Samuel López Chávez, quien analizó los parámetros (coliformes termo tolerantes, DBO5, DQO, pH, sólidos totales en suspensión, temperatura, turbiedad).

## Métodos para el análisis de los parámetros

**Cuadro 02** parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Nº	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO
1	Temperatura	°C	Termómetro de mercurio
2	Ph	-	Potenciométrico
3	Turbiedad	UNT	Nefelométrico
4	Sólidos totales en suspensión	mg/l	Espectrofotométrico
5	DBO <sub>5</sub>	mg/l	Electrodo de membrana
6	Coliformes fecales	UFC/100ml	Filtración por membrana al vacío
7	DQO	mg/l	Espectrofotométrico

**Fuente:** elaboración propia

### **Instrumentos:**

- Envases rotulados para las muestras.
- Cuaderno de campo.

## **2.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Los resultados obtenidos de la investigación serán procesados en cuadros y gráficos y la interpretación de los datos se hará de forma descriptiva. Para el análisis de la eficiencia del humedal artificial se utilizara la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia en remoción} = \frac{\text{concentración}_{\text{entrada}} - \text{concentración}_{\text{salida}}}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}} \times 100$$

Las concentraciones de contaminantes del efluente del humedal artificial durante los tres meses de experimentación serán comparadas con los valores de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.

## CAPITULO III

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Resultados

##### 3.1.1. Diseño del humedal artificial

##### Cálculo del caudal

El primer paso para calcular el dimensionamiento hidráulico del humedal artificial, fue según norma IS.010 (instalaciones sanitarias)

##### 2. Agua fría

##### 2.2 Dotación

a) las dotaciones de agua para vivienda unifamiliar están de acuerdo con el área total del lote según la siguiente tabla.

Área total del lote en m <sup>2</sup>	Dotación L/d
hasta 200	1500
201 a 300	1700
301 a 400	1900
401 a 500	2100
501 a 600	2200

**Fuente: norma IS.010 (instalaciones sanitarias)**

Luego se procede a calcular el caudal

$$\text{Vivienda 1} = 10\text{m} \times 20\text{m} = 200\text{m}^2$$

$$\text{Vivienda 2} = 15\text{m} \times 13\text{m} = 195\text{m}^2$$

Según la **norma IS.010** se asigna a cada vivienda una dotación de **1500 L/d**, haciendo un total de **3000 L/d** equivalente a **3 m<sup>3</sup>/d**

$$Q = 3 \text{ m}^3/\text{d}$$

**Calculo del dimensionamiento hidráulico del humedal artificial**

Para el dimensionamiento hidráulico se tomó como ejemplo

**Dimensiones del humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal**

**1. Requerimientos:**

$Q = 3.000 \text{ m}^3/\text{dia}$   
 $\text{DBO} = 231 \text{ mg/L}$   
 $T^\circ = 24^\circ \text{C}$

$0.00003 \text{ m}^3/\text{seg}$

Condiciones de salida:  $< \text{DBO}_5 \quad 100\text{mg/L}$

**2. La constante de reacción de primer orden se calcula con la Ecuación 2:**

Ecuación 2:      Constante de reacción de primer orden

$K_T = 1,104^{T-20}$

$K_T = 7.24 \text{ d}^{-1}$

**3. Porosidad del medio granular: Grava fina de 16 mm**

$n = 38\% = 0.38 \quad K_s = 10000 \quad \text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$

**Cuadro: 03 materiales empleados en el diseño y construcción**

Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Conductividad hidráulica, ks (m3/m2/d)	Porosidad, n %
Arena gruesa	2	100-1.000	28-32
Arena gravosa	8	500-5.000	30-35
Grava fina	16	1.000-10.000	35-38
Grava media	32	10.000-50.000	36-40
Roca gruesa	128	50.000-250.000	38-45

**Fuente: norma IS.010 (instalaciones sanitarias)**

4. La profundidad varia de 0.3 a 1 m:

Asumimos  $h = 1.00 \text{ m}$

Nivel del agua de agua a tratar :  $h = 0.85 \text{ m}$   
 $0.15 \text{ m}$

5. La pendiente varia de 0.1 a 1 % :

Asumimos  $S = 0.5\% = 0.25000 \text{ m/m}$

6. Cálculo del área superficial:

$$A_s = \frac{Q \times (\ln DBO_{\alpha} - \ln DBO_{\alpha})}{(kt) \times (y) \times (n)}$$

$$A_s = 0.91 \text{ m}^2$$

7. Para determinar las dimensiones del humedal basados en la relación L : W  
 3 : 1

$$A_s = L \times W$$

$$A_s = 3W \times W$$

$$0.91 \text{ m}^2 = 3W^2$$

$$0.30 \text{ m} = W^2$$

$$0.55 \text{ m} = W$$

Por requerimientos de construcción  
 redondeamos :

$$W = 0.60 \text{ m}$$

8. Cálculo del largo del humedal:

Ecuación 5: Cálculo del largo humedal

$$L = \frac{A_s}{w}$$

$$L = 1.66 \text{ m}$$

Por requerimientos de construcción

$$L = 1.70 \text{ m}$$



redondeamos :

### 9. Cálculo del tiempo de retención hidráulica

THR:

$$THR = \frac{As \times y \times n}{Q}$$

$$THR = 2.78 \text{ hora}$$

### 3.1.2 Análisis de los principales parámetros del agua residual doméstica.

#### Datos obtenidos de la primera caracterización del agua residual:

**Cuadro: 04 Análisis de parámetros – 15 días de sembrado el *Arundo donax***

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de muestreo	
		Entrada del humedal artificial	Salida del humedal artificial
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 MI	5745	3541
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	231	161
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	410	275
pH	Unidad	6.21	6.7
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	215	45
Temperatura	°C	22.1	22.2
Turbiedad	U.N.T	88	15

**Fuente:** Ficha técnica.

Después de 15 días de haber sembrado los *Arundo donax* (caña brava), se realizó la primera caracterización del agua residual doméstica. La toma de muestra se hizo en la entrada y en la salida del humedal artificial. Los primeros resultados obtenidos con la especie *Arundo donax*, se dieron cuando la planta todavía no se adapta al suelo, por eso los valores no son los esperados, aunque los coliformes termo tolerantes presentan un valor de entrada es de 5745 UFC/100 ml y en la salida es de 3541 UFC/1000ML, estos resultados si cumplen con los parámetros establecidos por el ministerio, mientras que para la DBO5 la concentración en la entrada es de 231 mg/L y en la salida es de 161 mg/L, la demanda química de oxígeno ingresa con 410 mg/L y en la salida es de 275 mg/L, los SST ingresa con 215 mg/L y se reduce en la salida a 45 mg/l, La turbiedad del agua residual ingresa con 88 UNT y sale con 15 UNT, el pH varía entre 6.2 y 6.7 la temperatura mantiene los valores de 22 °C.

**Datos obtenidos de la segunda caracterización del agua residual:**

**Cuadro: 05 Análisis de parámetros – 30 días de sembrado el *Arundo donax***

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de muestreo	
		Entrada del humedal artificial	Salida del humedal artificial
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 MI	5680	3452
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	235	141
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	389	255
pH	Unidad	6.5	6.8
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	198	36

Temperatura	°C	22.3	22.1
Turbiedad	U.N.T	73	12

**Fuente:** Ficha técnica.

Después de 30 días de haber sembrado los *Arundo donax* (caña brava) estos todavía no se adaptaban al medio filtrante, se realizó la segunda caracterización del agua residual doméstica y los datos obtenidos no varían mucho del primer análisis. Los coliformes termo tolerantes tienen un valor de entrada de 5680 UFC/100 ml y de salida 3452 UFC/1000ml, para el DBO5 La concentración en la entrada es de 235mg/L y en la salida es de 141 mg/L, la demanda química de oxígeno ingresa con 389 mg/L y en la salida es de 255 mg/L, los SST ingresa con 198 mg/L y se reduce en la salida a 36 mg/l, La turbiedad del agua residual ingresa con 73UNT y sale con 12 UNT, el pH varía entre 6.5 y 6.8, la temperatura mantiene los valores de 22 °C.

**Datos obtenidos de la tercera caracterización del agua residual:**

**Cuadro: 06 Análisis de parámetros – 45 días de sembrado el Arundo donax**

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de muestreo	
		Entrada del humedal artificial	Salida del humedal artificial
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 ml	5714	3050
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	238	121
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	389	231
pH	Unidad	6.14	6.75
Sólidos Totales en	mg/L	203	38

Suspensión			
Temperatura	°C	22.45	22.6
Turbiedad	U.N.T	72	8

**Fuente:** Ficha técnica.

Después de 45 días de haber sembrado los *Arundo donax* (caña brava), la planta empieza a adaptarse al medio filtrante y eso se puede notar en los resultados obtenidos, se realizó la tercera caracterización del agua residual doméstica. Los coliformes termo tolerantes tienen un valor de entrada de 5714 UFC/100 ml y en la salida 3050 UFC/1000ml, para el DBO5 La concentración en la entrada es de 238 mg/L y en la salida es de 121 mg/L, la demanda química de oxígeno ingresa con 389 mg/L y en la salida es de 231 mg/L, los SST ingresa con 203 mg/L y se reduce en la salida a 38 mg/L, La turbiedad del agua residual ingresa con 72 UNT y sale con 8 UNT, el pH varía entre 6.1 y 6.8 la temperatura mantiene los valores de 22 °C.

**Datos obtenidos de la cuarta caracterización del agua residual:**

**Cuadro: 07 Análisis de parámetros – 60 días de sembrado el *Arundo donax***

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de muestreo	
		Entrada del humedal artificial	Salida del humedal artificial
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 ml	5691	2998
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	218	111
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	388	215
pH	Unidad	6.45	7.1

Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	188	29
Temperatura	°C	22.6	22.8
Turbiedad	U.N.T	76	7.56

**Fuente:** Ficha técnica.

Después de 60 días de haber sembrado los *Arundo donax* (caña brava), todavía se está acoplando al medio filtrante lo podemos comparar con los resultados obtenidos, ya que se asemejan al anterior. Los coliformes termo tolerantes tienen un valor de entrada de 5691 UFC/100 ml y en la salida es 2998 UFC/1000ML, para el DBO5 la concentración en la entrada es de 218 mg/L y en la salida es de 111 mg/L, la demanda química de oxígeno ingresa con 388 mg/L y en la salida es de 215 mg/L, los SST ingresa con 188 mg/L y se reduce en la salida a 29 mg/l, La turbiedad del agua residual ingresa con 76 UNT y sale con 7.56 UNT, el pH varía entre 6.4 y 7.1, la temperatura mantiene los valores de 22 °C.

**Datos obtenidos de la quinta caracterización del agua residual:**

**Cuadro: 08 Análisis de parámetros – 75 días de sembrado el *Arundo donax***

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de muestreo	
		Entrada del humedal artificial	Salida del humedal artificial
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 ML	5617	2113
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	248	98
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	391	197

pH	Unidad	6.3	7.21
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	185	25
Temperatura	°C	22.8	22.9
Turbiedad	U.N.T	68	5.52

**Fuente:** Ficha técnica.

Después de 75 días de haber sembrado los *Arundo donax* (caña brava) se vio que la planta se adaptó al medio filtrante y que lo rizomas ya absorben con mayor facilidad los contaminantes. Los coliformes termo tolerantes tienen un valor de entrada de 5617 UFC/100 ml y en la salida 2113 UFC/1000ml, para el DBO5 La concentración en la entrada es de 248 mg/L y en la salida es de 98 mg/L, la demanda química de oxígeno ingresa con 391 mg/L y en la salida es de 197 mg/L, los SST ingresa con 185 mg/L y se reduce en la salida a 25 mg/l, La turbiedad del agua residual ingresa con 68 UNT y sale con 5.52 UNT, el pH varía entre 6.3 y 7.3, la temperatura mantiene los valores de 22 °C.

**Datos obtenidos de la sexta caracterización del agua residual:**

**Cuadro: 09 Análisis de parámetros – 90 días de sembrado el Arundo donax**

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de muestreo	
		Entrada del humedal artificial	Salida del humedal artificial
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 ml	5689	1995
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	249	97
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	394	195

pH	Unidad	6.21	7.1
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	188	23
Temperatura	°C	22.5	22.8
Turbiedad	U.N.T	78	4.5

**Fuente:** Ficha técnica.

Después de 90 días de haber sembrado los *Arundo donax* (caña brava), la planta se adaptó completamente al sustrato, los rizomas empezaron a desarrollarse y los resultados fueron los esperados. Los coliformes termo tolerantes tienen un valor de entrada de 5689 UFC/100 ml y en la salida 1995 UFC/1000ml, para el DBO5 La concentración en la entrada es de 249 mg/L y en la salida es de 97 mg/L, la demanda química de oxígeno ingresa con 394 mg/L y en la salida es de 195 mg/L, los SST ingresa con 188 mg/L y se reduce en la salida a 23 mg/l, La turbiedad del agua residual ingresa con 78 UNT y sale con 4.5 UNT, el pH varía entre 6.2 y 7.1 la temperatura mantiene los valores de 22 °C.

### 3.1.3 Evaluación de la eficiencia del humedal artificial aplicando la especie *Arundo donax* (caña brava):

Para evaluar la eficiencia del sistema se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ eficiencia en remoción} = \frac{\text{concentración}_{\text{entrada}} - \text{concentración}_{\text{salida}}}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}} \times 100$$

La concentración de entrada y salida durante los 3 meses que se realizó la caracterización que se muestra en los cuadros N° 3, 4, 5, 6, 7, 8, con estos datos calculamos el porcentaje de remoción que se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 10: eficiencia del humedal artificial de los 3 meses evaluados**

PARÁMETRO	UNIDAD	1	2	3	4	5	6
		Análisis % Remoción	Análisis % Remoción	Análisis % Remoción	Análisis % Remoción	Análisis % Remoción	Análisis % Remoción
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 MI	38.4	39.22	46.62	47.32	62.38	64.93
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	30.30	40	49.15	49.08	60.48	61.04
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	32.92	34.44	40.61	44.58	49.61	50.50
pH	Unidad	-7.89	-4.61	-9.93	-10.07	-14.44	-14.33
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	79.06	81.81	81.28	84.57	86.48	87.76
Temperatura	°C	-0.45	0.89	-0.66	-0.88	-0.43	-1.33
Turbiedad	U.N.T	82.95	83.56	88.88	90.05	91.88	94.23

**Fuente:** Ficha Técnica.

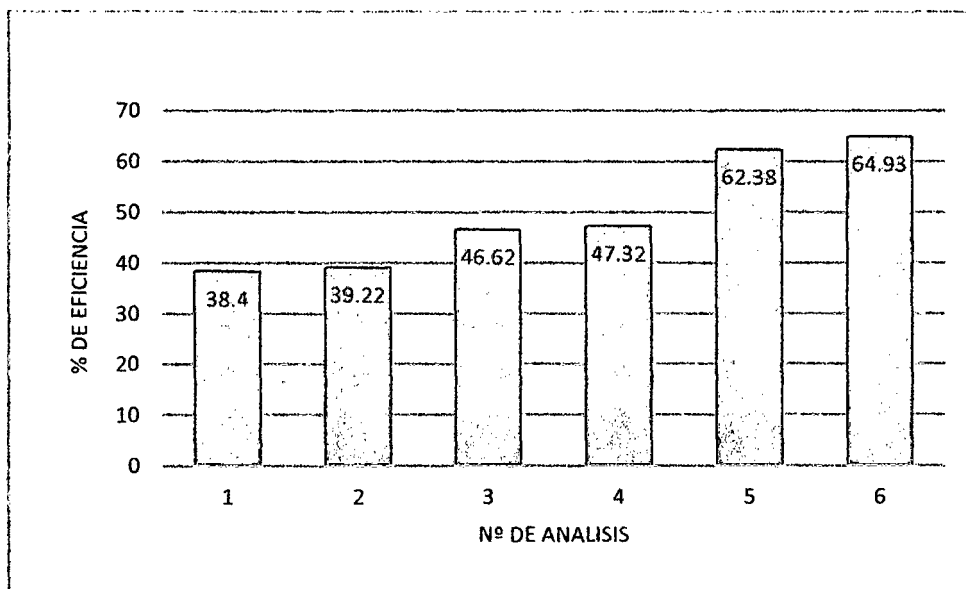
Con los datos obtenidos en el cuadro 10, se realizó la representación gráfica de los parámetros:



## FICIENCIA DE REMOCION DE COLIFORMES TERMO TOLERANTES:

Gráfico N° 01

### Remoción de los Coliformes termo tolerantes



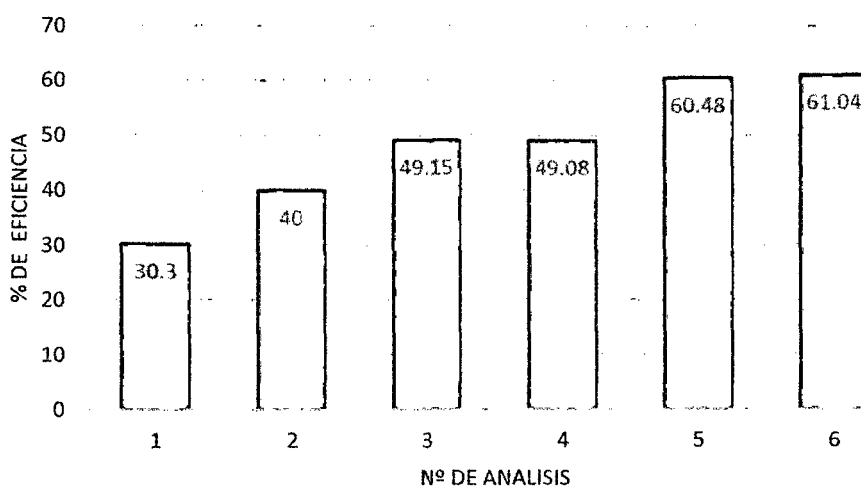
**Fuente:** cuadro N° 10

Como se aprecia en el gráfico 01, del cuadro N° 10, la remoción de coliformes termo tolerantes en los primeros 15 días empieza con el 38.4 %, un porcentaje significativo ya que la planta no se adapta todavía al sustrato, para los 30 días se obtuvo un porcentaje de 39.22 %, llegando a los 45 días con 46.62 % donde el porcentaje se eleva, para los 60 días llega un remoción de 47.32 %, en los 75 días llega un porcentaje de 62.38 %, donde se ve que progresivamente va aumentando la eficiencia, a los 90 días llega a una eficiencia de 64.93 %.

## EFICIENCIA DE REMOCION DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO:

Gráfico N° 02

### DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO



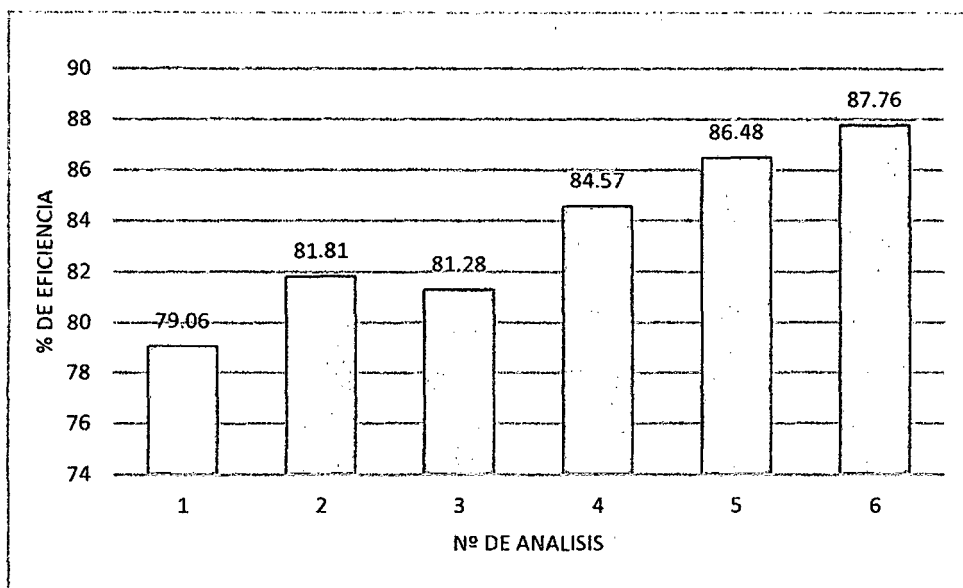
**Fuente:** cuadro N° 10

Como se aprecia en el grafico 02, del cuadro N° 10, la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno en los primeros 15 días empieza con el 30.3 %, es un porcentaje considerable, para los 30 días se obtuvo un porcentaje de 40 %, llegando a los 45 días con 49.15 %, para los 60 días llega un remoción de 49.08 %, en los 75 días llega a un porcentaje de 60.48 %, donde se puede apreciar que aumenta el porcentaje de remoción, a los 90 días llega a una eficiencia de 61.04 %.

## EFICIENCIA DE REMOCION SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION:

Gráfico N° 03

### SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION



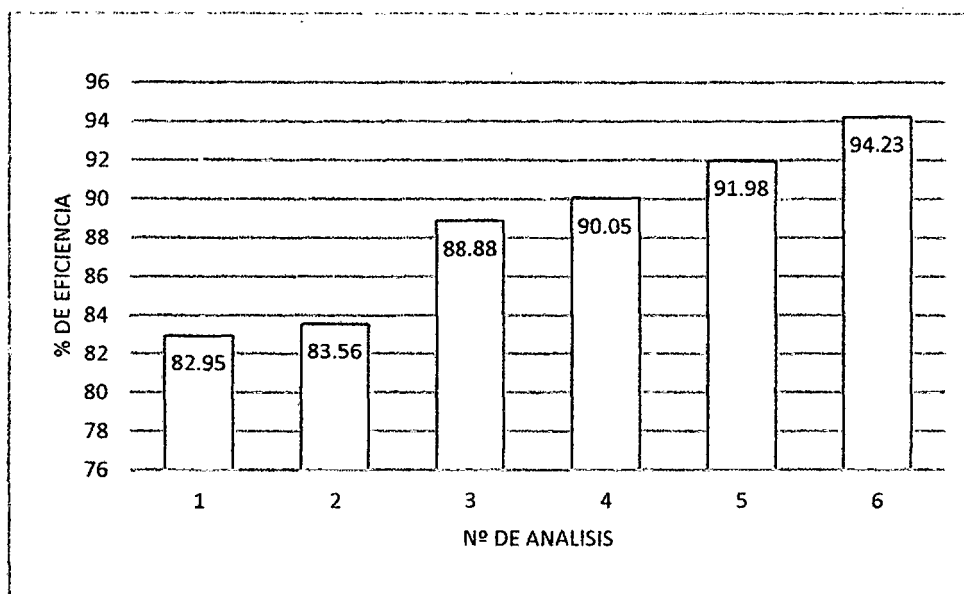
**Fuente:** cuadro N° 10

Como se aprecia en el grafico 03, del cuadro N° 10 la remoción de sólidos totales en suspensión los primeros 15 días empieza con el 79.06 %, el porcentaje es muy elevado esto se debe a los filtros de grava que se puso y que nos sirve como sustrato para la planta , a los 30 días se obtuvo un porcentaje de 81.81 %, llegando a los 45 días con 81.28 %, para los 60 días llega un remoción de 84.57%, en los 75 días llega un porcentaje de 86.48 %, a los 90 días llega a una eficiencia de 87.76 %, la cual se puede observar que entre los tiempo de análisis no hay mucho variación de los primeros 15 días hasta los 90 días.

## EFICIENCIA DE REMOCION DE LA TURBIEDAD:

Gráfico N° 04

### TURBIEDAD



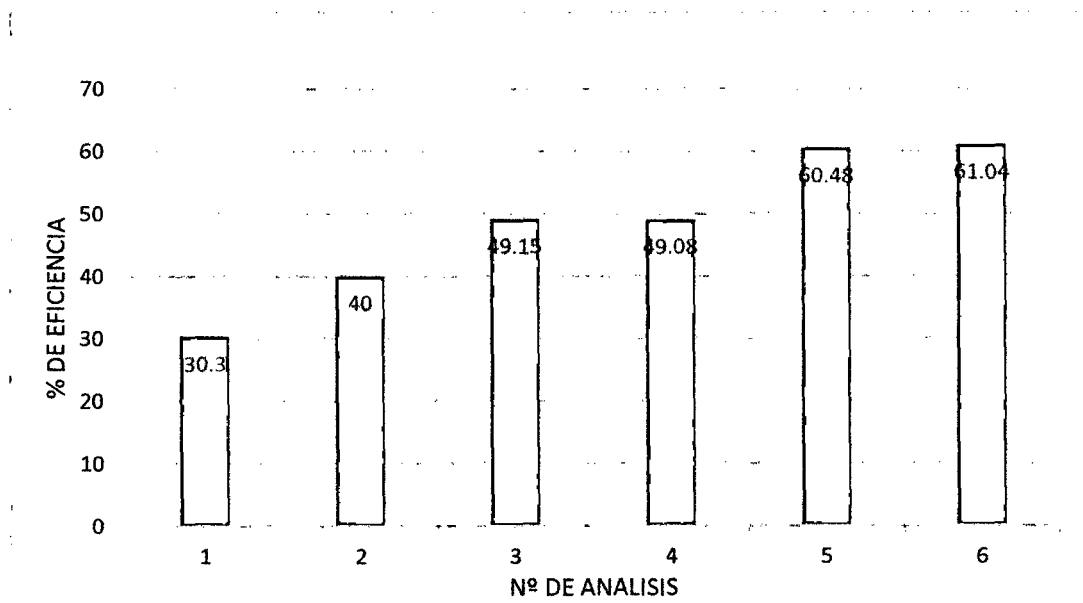
**Fuente:** cuadro N° 10

Como se aprecia en el grafico 04, del cuadro N° 10, la remoción de turbiedad en los primeros 15 días empieza con el 82.95 %, el porcentaje es demasiado elevado para ser la primera muestra, para los 30 días se obtuvo un porcentaje de 83.56 %, llegando a los 45 días con 88.88 %, para los 60 días llega un remoción de 90.05%, en los 75 días llega un porcentaje de 91.98 %, a los 90 días llega a una eficiencia de 94.23 % en este parámetro podemos observar que la eficiencia es óptima para lo que se requiere en esta investigación.

## EFICIENCIA DE REMOCION DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO:

Gráfico N° 05

### DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO



**Fuente:** cuadro N° 10

Como se aprecia en el grafico 05, del cuadro N° 10, la remoción de demanda química de oxígeno los primeros 15 días empieza con el 30.3 %, es relativamente bajo comparado con algunos parámetros, para los 30 días se obtuvo un porcentaje de 40 %, llegando a los 45 días con 49.15 %, para los 60 días llega un remoción de 49.08%, en los 75 días llega un porcentaje de 60.48 %, esta remoción ya es significativa, a los 90 días llega a una eficiencia de 61.04 %.

El pH se mantiene entre los rango de 6.5 – 8.5, lo que la norma nos establece. La temperatura mantiene los valores de 22 °C y que está por debajo de <35 lo que los LMP nos exige.

**3.1.4 Comparación del efluente del humedal artificial con los LMP para PTAR:**

Para analizar si un sistema de tratamiento está depurando los contaminantes presentes en el agua residual, los resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica debe cumplir con los Límites Máximos Permisibles para plantas de tratamiento de efluentes domésticos según D.S. N°003-2010-MINAN.

En el siguiente cuadro se presentan los datos del afluente y efluente del humedal artificial, del último mes que se realizó el muestreo y los comparamos con los LMP para analizar si cumplen con la norma establecida.

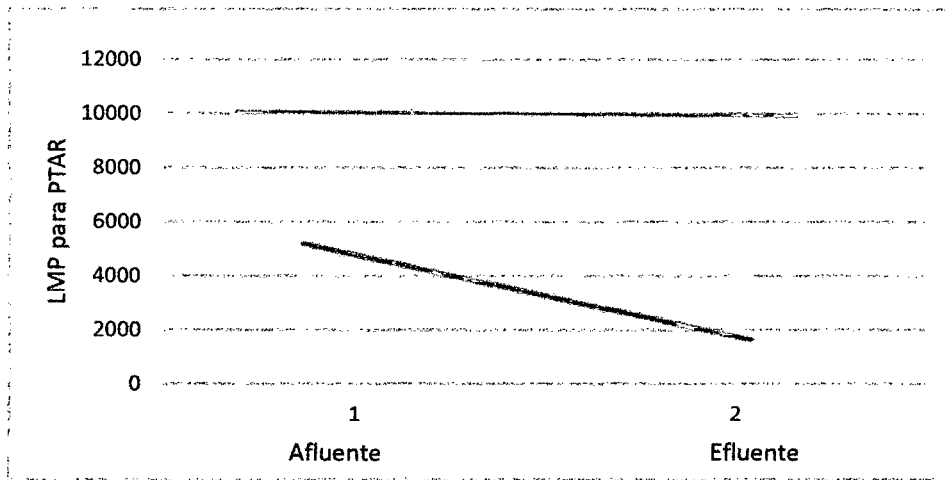
**Cuadro N° 11 Comparación del efluente del humedal con los LMP.**

PARÁMETRO	UNIDAD	Afluente	Efluente	LMP para PTAR
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 Ml	5689	1995	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	236	97	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	394	195	200
PH	Unidad	6.21	7.1	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	188	23	150
Temperatura	°C	22.5	22.8	<35
Turbiedad	U.N.T	78	4.5	-

**Fuente:** Ficha Técnica.

Gráfico N° 06

COLIFORMES TERMO TOLERANTES COMPARADOS CON LMP

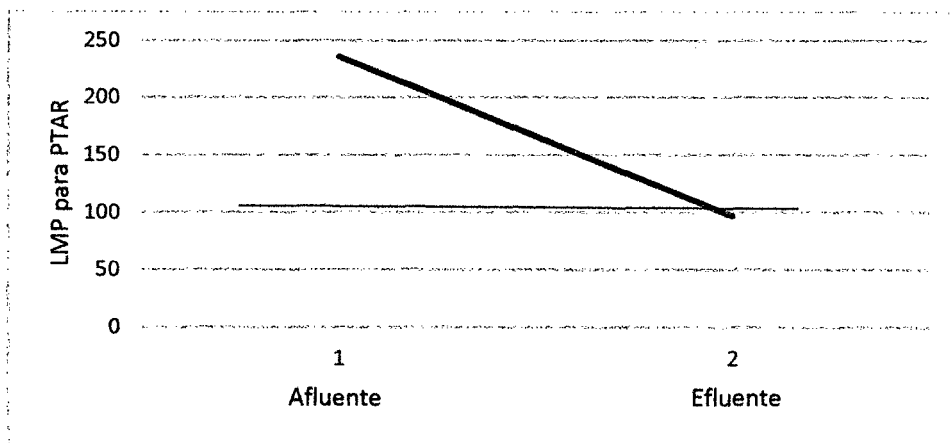


Fuente: cuadro N° 11

Los LMP de los coliformes termo tolerantes presentes en los efluentes de plantas de tratamiento son permisibles hasta 10,000 Unidades Formadoras de Colonias sobre 100 mililitros de solución, en este caso, el afluyente y efluente del humedal artificial presentan valores menores como son 5689 UFC/100 ml en el afluyente y 1995 UFC/100 ml en el efluente, antes de entra al humedal artificial ya cumplía con los dispuesto en los LMP.

Gráfico N° 07

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO COMPARADOS CON LMP

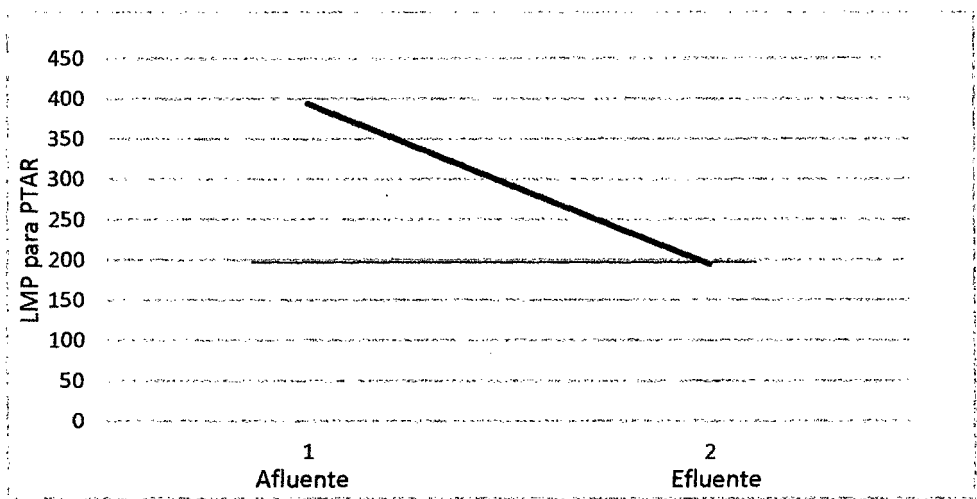


Fuente: cuadro N° 11

Para la demanda bioquímica de oxígeno, los valores del afluente registrados son de 238 mg/L, pero después de aplicar el tratamiento de humedales artificiales con los *Arundo donax* (caña brava), disminuye la materia orgánica llegando hasta los 97 mg/L, valores que cumplen con lo dispuesto en el LMP.

Gráfico N° 08

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO COMPARADOS CON LMP



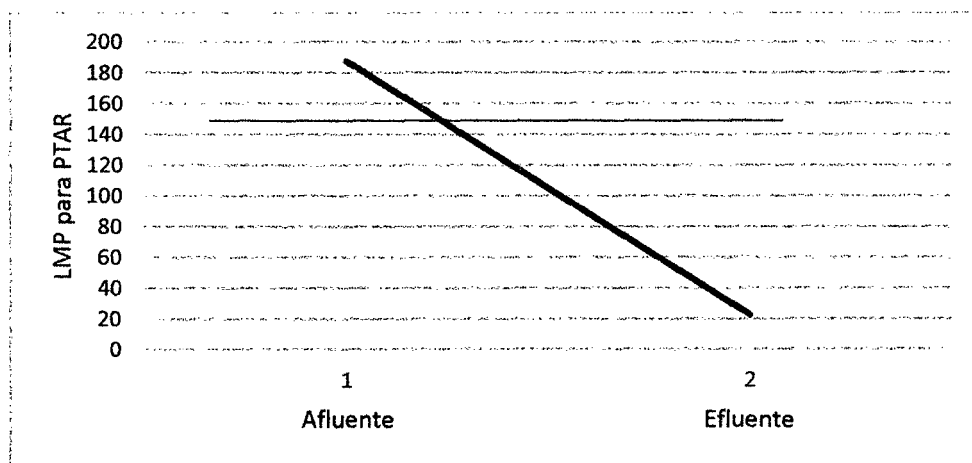
Fuente: cuadro N° 11

Para la demanda química de oxígeno, los valores del afluente registrados son de 389 mg/L, pero después de aplicar el tratamiento de humedales artificiales con los *Arundo donax* (caña brava), disminuye llegando hasta los 195 mg/L, valores que cumplen con lo dispuesto en el LMP.



Gráfico N° 09

## SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN COMPARADOS CON LMP



Fuente: cuadro N° 11

Para el caso de los sólidos totales en suspensión los resultados del afluente son 188 mg/L y del efluente presentan valor de 23 mg/L que la disminución es significativa.

El pH está dentro del rango 6.5 – 8.5.

La temperatura apropiada para el crecimiento óptimo de los *Arundo donax* (caña brava), es de 20 – 30 °C y durante los tres meses que se realizó el análisis.

La turbiedad no está comprendida dentro de los LMP, pero si es un parámetro importante para determinar la calidad del agua.

Se puede decir que los usando los humedales artificiales con la especie *Arundo donax* (caña brava) evaluando estos 7 parámetros las cuales son coliformes termo tolerantes, Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno PH, sólidos en totales en suspensión, temperatura y la turbiedad cumplen con Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de efluentes domésticos según D.S. N°003-2010-MINAN.

### 3.2. DISCUSIONES.

#### **Análisis de parámetros del agua residual:**

Para la caracterización del agua residual domésticas tanto a la entrada y a salida del humedal artificial usando la especie *Arundo donax* (caña brava), se optó evaluar 7 parámetros fisicoquímicos y microbiológico que son: coliformes termo tolerantes, Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, PH, sólidos en totales en suspensión, temperatura y la turbiedad. Se optó evaluar estos parámetros para controlar excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente, el Ministerio del Ambiente publicó en el diario El Peruano el Decreto Supremo N°003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda.

#### **Eficiencia del humedal artificial aplicando la especie *Arundo donax*:**

Para los contaminantes presentes en el agua residual doméstica del sector cruce de Uchuglla se utilizó la especie *Arundo donax*, conocido comúnmente como la caña común, caña de Castilla o caña brava es una especie de planta herbácea perteneciente a la familia Poaceae se adapta perfecto a los cambios de temperatura característico de la ciudad de Moyobamba, la temperatura promedio en la que se desarrolló la especie durante los tres meses que duró la investigación está comprendida dentro de 21 y 23°. Su hábitat son los humedales de aguas permanentes o estacionales. Las cañas se extienden por sus rizomas subterráneos que crecen formando largas colonias de varios metros a lo largo de los cursos de agua o donde se acumula agua freática o humedad. Lovera, Daniel (2002). La Tecnología de Humedales artificiales está definida como un complejo ecosistema de sustratos saturados, plantas (macrófitas) y agua, cuyo objetivo es la remoción de la mayor cantidad de contaminantes del agua residual a través de mecanismos de depuración que actúan en los humedales. Entre las principales funciones de los componentes de los humedales artificiales tenemos la granulometría del medio filtrante que permite efectuar una buena remoción de los sólidos en suspensión y de la parte orgánica de las aguas residuales que pasan a través del suelo. Además, el suelo es lugar de desarrollo de bacterias y sirve de soporte para el crecimiento de las plantas emergentes, suministrándoles una parte del nutriente

necesario para su crecimiento. El rendimiento esperado en los humedales artificiales para la remoción de la DBO5 varía de 58 a 81%, para sólidos suspendidos alrededor del 98% y una disminución de 2 a 3 unidades logarítmicas en coliformes fecales. En comparación con nuestra investigación la eficiencia se asemeja a nuestros resultados obtenidos ya que se tuvo en cuenta las especificaciones técnicas e investigaciones anteriores para el diseño de esta, además que la especie *Arundo donax* se adapta fácilmente al área de estudio.

Durante la evaluación del humedal artificial con *Arundo donax* (caña brava), al tercer mes de análisis llegó con afluentes de demanda bioquímica de oxígeno de 236mg/L y con coliformes termo tolerantes de 5689 UFC/100 ML y el efluente con una reducción de demanda bioquímica de oxígeno de 97mg/L y con coliformes termo tolerantes de 1995 UFC/100 ML, alcanzando un eficiencia de remoción de 61.04% de DBO5 y de 64.93% de coliformes termo tolerantes.

Paredes, Diego (2010). Se logró evaluar la remoción de contaminantes de tipo orgánico y nitrógeno de las aguas residuales, por medio de humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal (FSSH), sembrados con *Guadua angustifolia* Kunth en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Tecnológica de Pereira, del trabajo realizado se puede concluir que en cuestión de remoción de contaminantes de tipo orgánico, se obtuvieron mejores resultados con el humedal 1 (con lecho de arena), debido a que su porcentaje de remoción de DBO5 el cual fue de 92.21% y DQO de 84.31%, con respecto al humedal 2 (con lecho de grava) el cual presentó un porcentaje de remoción de DBO5 de 72.88% y DQO 64.35%. Con respecto a la remoción de nitrógeno total en aguas residuales, es posible apreciar que el humedal artificial 1 presentó un porcentaje de remoción de 62.60% con respecto al humedal 2 con un porcentaje de 32.35%, lo que permitió evaluar y corroborar que el humedal 1 (con lecho de arena) remueve más cantidad de nitrógeno total que el humedal 2 (con lecho de grava).

Ojeda Ibarra, Lourdes (2013) Los resultados de los análisis químicos de DQO del afluente y efluente durante los nueve días de evaluación. En el influente se observó una concentración máxima de 1500mg/l y en el efluente de 120mg/l con una remoción promedio del 71%, de sólidos suspendidos 73% aunque en algunos días depuro al

100%, los coliformes totales depuraron el 91% y los fecales el 94% como se observa en la figura 2. Un estudio realizado por Arango, (2013), en un humedal artificial-horizonta, obtuvo resultados de depuración de DQO del 85%, sólidos suspendidos 77% y coliformes de entrada y salida de aguas grises y negras de 99.99%. Gross (2007) evaluó un humedal artificial de flujo-vertical y alimento agua gris mixta obteniendo una eficiencia de depuración de DQO 75%, SS 98%, estas investigaciones ayudaron a analizar los datos de este estudio, el cual a pesar de las diferencias de construcción, substrato y plantas, el agua gris tiene un buen porcentaje de depuración, en el cual los 3 estudios trabajaron con grava, tule (*Typha domingensis*) y agua gris.

La función principal de los humedales, es que actúan como filtradores naturales de agua, debido a sus plantas de origen que almacenan y liberan oxígeno, dando vida a muchas especies acuáticas (Delgadillo, 2010). Estos sistemas consideran tres elementos: Plantas macrófitas, medio filtrante y comunidad microbiana que ayudan en el tratamiento de aguas residuales. (Vymazal, 2005). Las plantas macrófitas son plantas acuáticas visibles, que incluyen plantas acuáticas vasculares, musgos, algas y helechos (Fernández et al., 2004). El substrato o medio filtrante está formado por: arena, grava, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico. Las ventajas de utilizar estos sistemas radica en que su tecnología es relativamente simple y presentan una buena eficiencia en la remoción de DBO, DQO, SST, N, P y patógenos. Además tienen la capacidad de absorber metales pesados y no generan malos olores (Kadlec, 2009; Zurita et al., 2009)

#### **Comparación de los valores del efluente del humedal artificial con los valores de los LMP para efluente de PTAR:**

Los resultados obtenidos del análisis, fueron comparados con los LMP para evaluar si el sistema está cumpliendo con los valores establecidos. Durante los tres meses de análisis los valores obtenidos cumple con los límites máximos permisibles, el humedal artificial con *Arundo donax* está cumpliendo su función de depurar las aguas residuales. Son una alternativa de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales, no requiere de mantenimiento ni consumo de energía eléctrica y su efectividad es óptima, son ambientalmente amigables por que no contaminan, no genera residuos y el agua tratada puede ser reutilizada para riego de jardines.

### 3.3 CONCLUSIONES:

Se puede construir humedales artificiales como una alternativa a la tecnología cara ya que además de conjugar con el ambiente resulta que son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales y de bajo costo especialmente cuando se utiliza estos medios para la depuración de las aguas de origen doméstico, puede llegar a tener un gran futuro en países en vías de desarrollo que tengan climas tropicales o subtropicales, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas, los cálculos hidráulicos y el proceso de construcción para el diseño de esta, además que la especie *Arundo donax* (caña brava) se adapta fácilmente al área de estudio.

Los análisis obtenidos para las aguas residuales domesticas provenientes del sector cruce de Uchuglla, los afluentes tienen una temperatura que oscila entre 22 y 23 °C, la turbiedad del agua residual domestica varía entre 65 y 88 UTN, dependiendo la cantidad de descarga de aguas residuales domésticas la DBO varia entre 218 y 248 mg/L, en cuanto a los coliformes fecales los valores están entre 5745 y 5617 UFC/100 ml y para los Sólidos Totales en Suspensión los valores oscilan entre 185 y 215 mg/L. Los efluentes que salen del Humedal Artificial tienen una temperatura que oscila entre 22 y 23 °C, la turbiedad del agua residual domestica tratada varía entre 4.5 y 15 UTN, la DBO varía entre 161 y 97 mg/L, en cuanto a los coliformes fecales los valores están entre 1995 y 3541 UFC/100 ml y para los Sólidos Totales en Suspensión los valores oscilan entre 23 y 45 mg/L.

El desarrollo de *Arundo donax* (caña brava) en el humedal artificial fue lenta en primer mes, debido a la falta de adaptación a la zona de estudio, un incompleto desarrollo de los rizomas en el suelo, lo que contribuyó a un deficiente desarrollo de bacterias alrededor de las raíces de las plantas y por lo tanto no lograron un adecuado tratamiento aeróbico, lo que ayudo en el tratamiento fue los filtros de grava que sirvieron como sustrato, en el segundo mes fue regular ya que la planta se estaba adaptando al suelo pero después del tercer mes de sembrado el *Arundo donax* los resultados fueron los esperados por que llego a formar rizomas en cantidad que nos ayudó a absorber los contaminantes con mayor eficiencia. Se espera que cuando las plantas alcancen una cobertura total en el Humedal artificial se obtengan mejores

rendimientos en la remoción de los coliformes termo tolerante, demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

Podemos concluir que los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y microbiológico del efluente durante los primeros dos meses y medio de investigación, no cumplieron con los Límites Máximos Permisibles (LMP). Pero al tercer mes de investigación la remoción de contaminantes del efluente cumplió con los parámetros establecidos, esto nos permite indicar que el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante Humedales artificiales es eficiente cuando el Arundo donax está totalmente adaptado al sustrato utilizado.

### **3.4 RECOMENDACIONES.**

Se recomienda mantener una adecuada operatividad y mantenimiento del sistema de tratamiento para garantizar un correcto funcionamiento en todo momento para evitar el crecimiento de vegetación que no sea propio del sistema, los vectores.

Se recomienda realizar otros monitoreos periódicos para analizar la efectividad del tratamiento del humedal artificial, ya que nuestro periodo de investigación consistió en los 5 primeros meses de crecimiento del Arundo donax ( los dos primeros meses que estaban en su habitat, luego que se trasplanto para adaptar a la caña brava al humedal y luego 3 meses continuos de investigación en el humedal artificial), los resultados obtenidos fueron los esperando lo que se recomienda trasplantar las caña bravas a los 5 meses de crecimiento para una mejor eficiencia y futuras investigación.

Cuando se quiera aplicar el humedal artificial como planta de tratamiento de aguas residuales municipales de pequeñas comunidades, instalar un sistema de rejillas y desarenador para prevenir la entrada de sólidos gruesos y material inorgánico en el tanque receptor.

Se recomienda en futuras investigación hacer un estudio separando las macrófitas con el sustrato, y así se tendrá con mayor detalle cual de los mecanismos utilizados son los que depuran más el agua residuales doméstica, ya que se sabe que tanto el sustrato como las macrófitas aportan significativa un valor a la eficiencia, para tener una mayor visión en el proceso de depuración de las aguas residuales domésticas usando los humedales artificiales.

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, Sergio. (2010) “Fito remediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas (Colombia)”.
- Bayer, E., Buttler, K. P., Finkenzeller, X. y Grau, J. (1989). *Plantas del Mediterráneo*. Barcelona, España: Editorial Blume.
- Covas, G. 1970. *Hordeum, Phalaris*. L. Cabrera (ed.), Gramíneas. Buenos Aires. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, I. & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. (Proyecto Humedal). Cochabamba, Bolivia: facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Simón.
- Instituto de Gerencia y Construcción. *norma IS.010 (instalaciones sanitarias)*. Perú.
- Lahora, Agustín. (1999) “Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: La Edad de los Gallardos (Almería)”.
- Lara, Jaime (1999). *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales*. Instituto Catalán de Tecnología, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Lovera, Daniel. (2003). “Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Ancash, Perú”
- Ministerio del Ambiente (2010, marzo 17). Límite Máximo Permisible para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. *El Peruano*.
- Romalho, Rubens (2005). *Tratamiento de aguas residuales*. Canadá: Editorial Reverté S.A.
- Russell, María. (2010). *Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú*. Lima: Fondo Nacional del Ambiente.
- Villafranca, Blanca (2009). *Diseño y evaluación de la implementación de un humedal artificial como sistema de tratamiento de las aguas residuales del colegio “Toni Real Vincens” en el AAHH el Milagro-Huanchaco, La Libertad*. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.



## V. ANEXOS

Foto N° 01: Filtración por membrana.



Foto N° 02: Medición de DBO<sub>5</sub> Y DQO

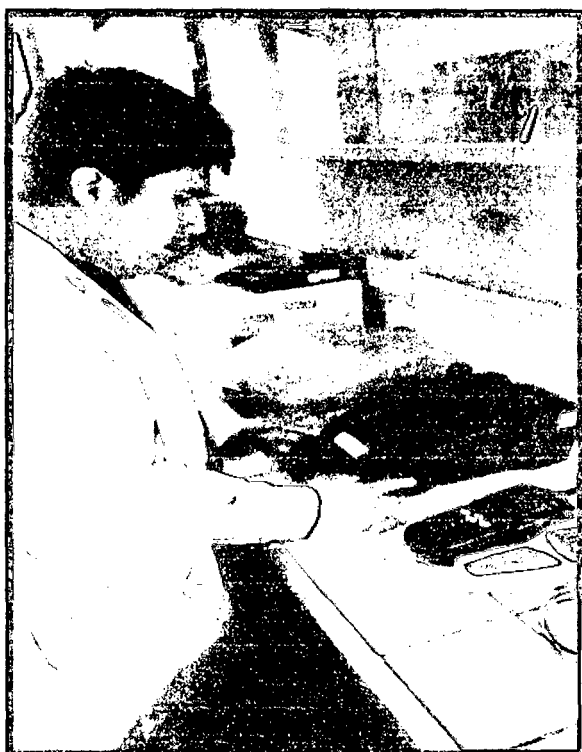


Foto N° 03: Medición del PH.



Foto N°: 04 Medición de la turbiedad.



Foto N° 05: Acabado del solado



Foto N° 06: Asentado de ladrillo.

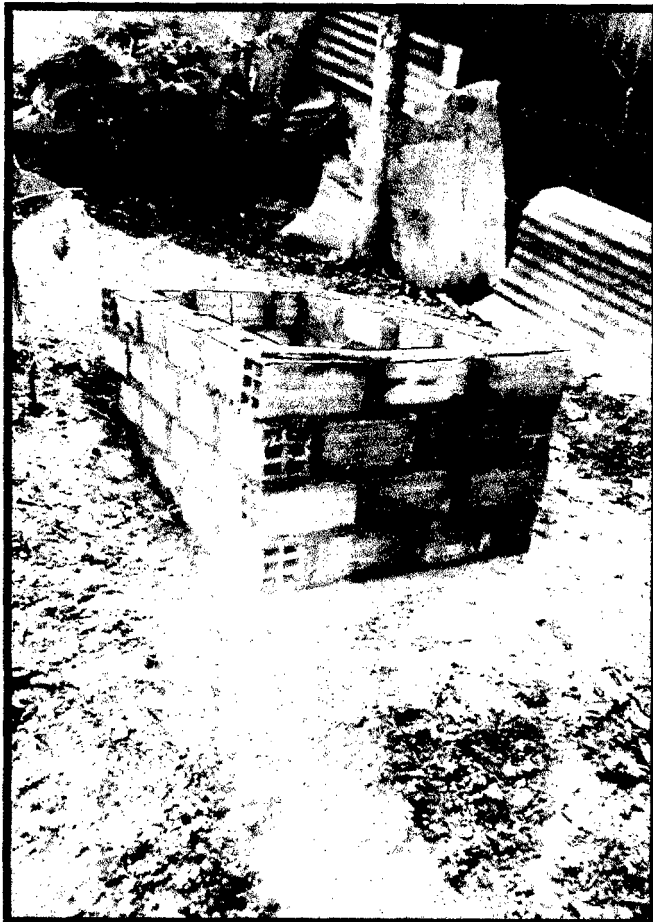


Foto N° 07: Estructura del humedal artificial.

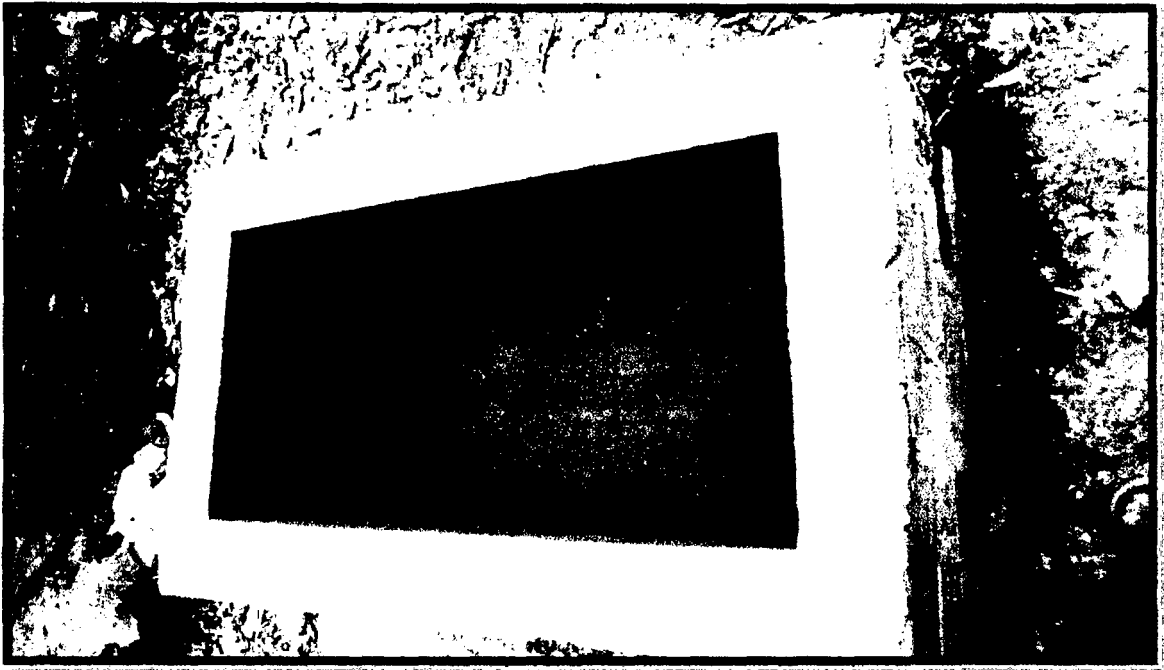


Foto N° 08: Llenado del filtro de grava.

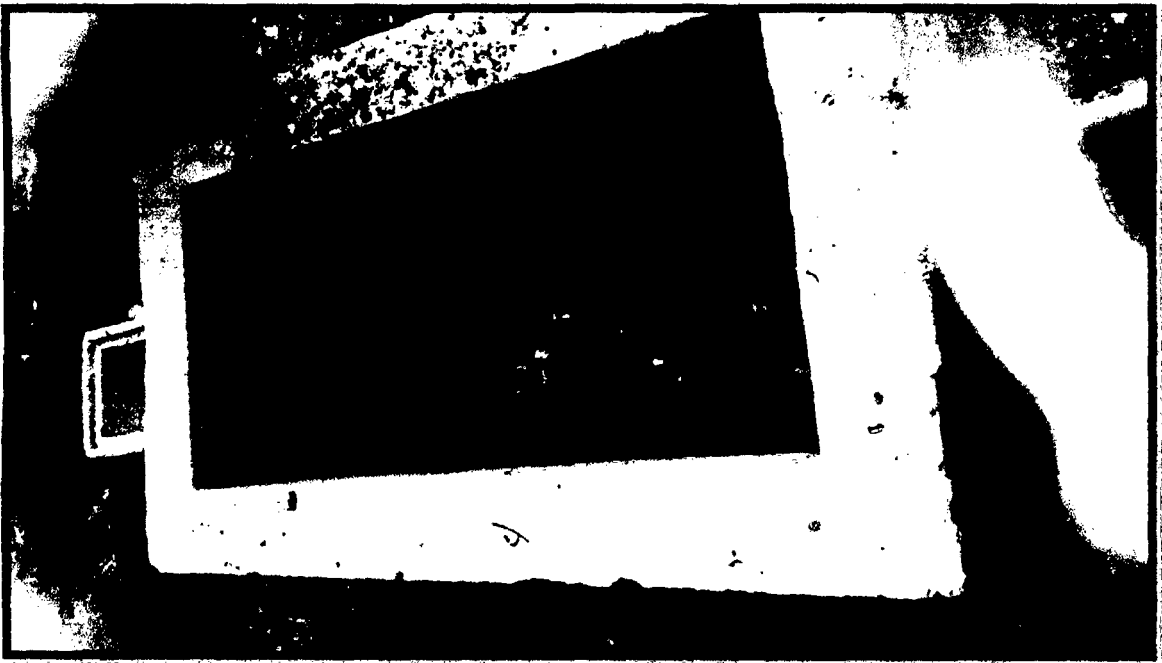


Foto N° 09: Recolección de la especie *Arundo donax*.



Foto N° 10: Siembra de la especie *Arundo donax* del humedal artificial.

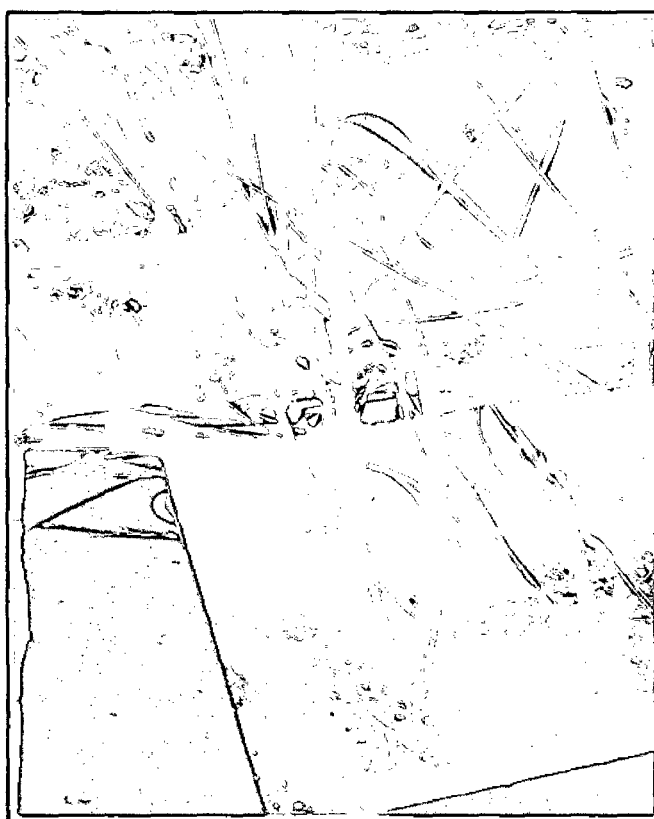


Foto N° 11: Humedal artificial con Arundo donax.



Foto N° 12: La especie Arundo donax al tercer mes.



Foto N° 13: Construcción de la caja registro de la salida del humedal artificial.



Foto N° 14: Construcción de la caja registro de la entrada del humedal artificial.

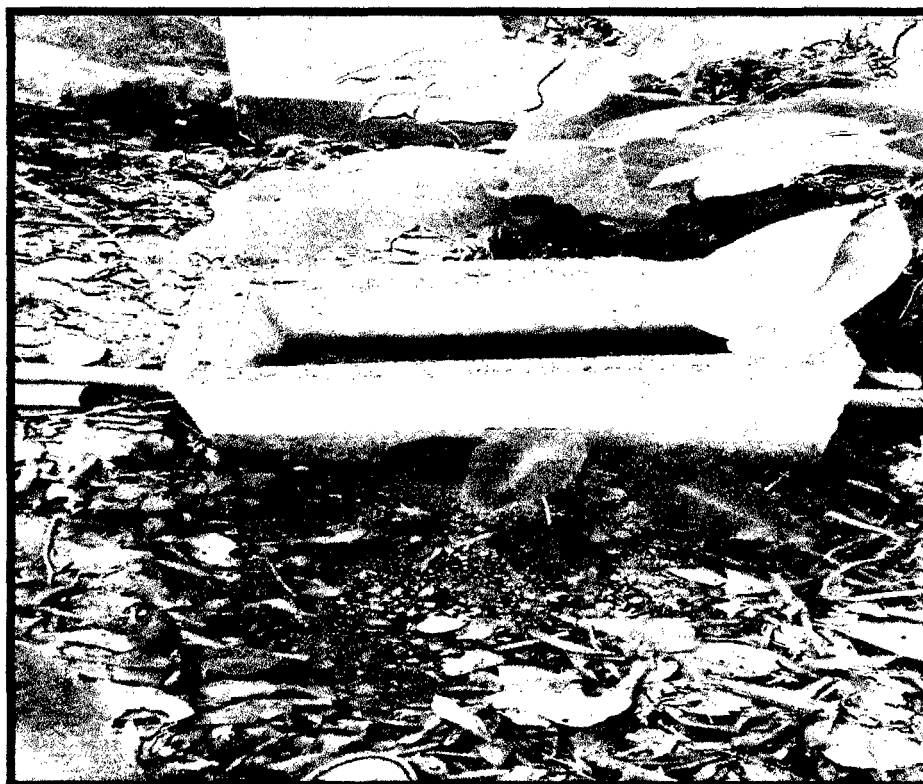


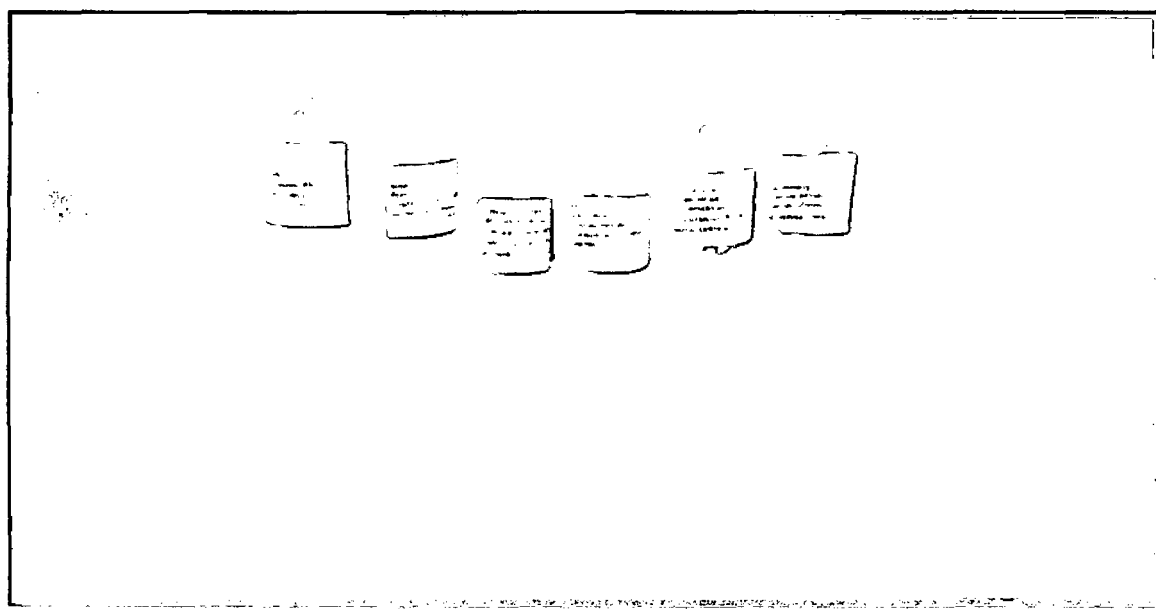
Foto N°15: Muestra antes del tratamiento.



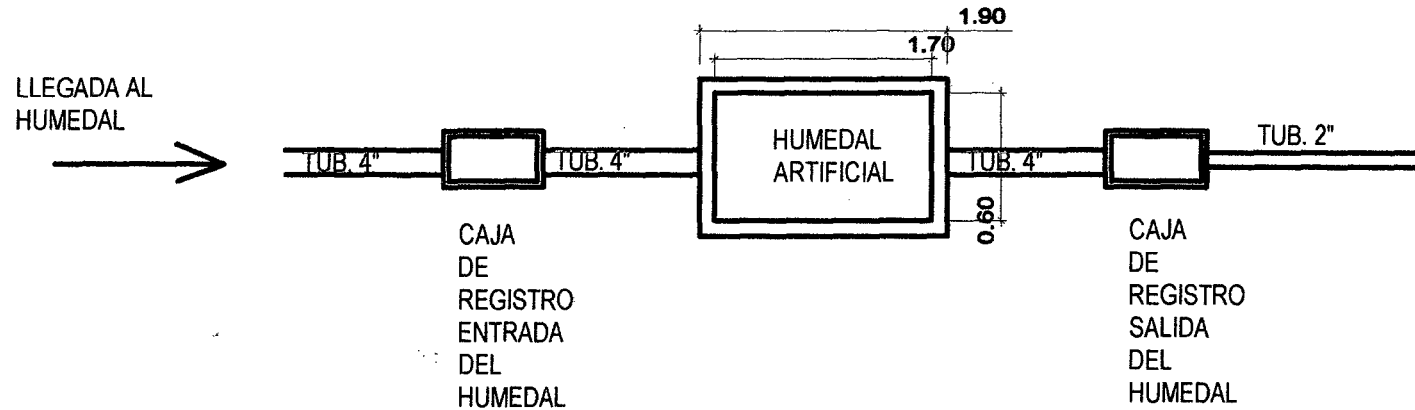
Foto N°16: Muestra después del tratamiento.



Foto N° 17: Muestra de los envases rotulados.



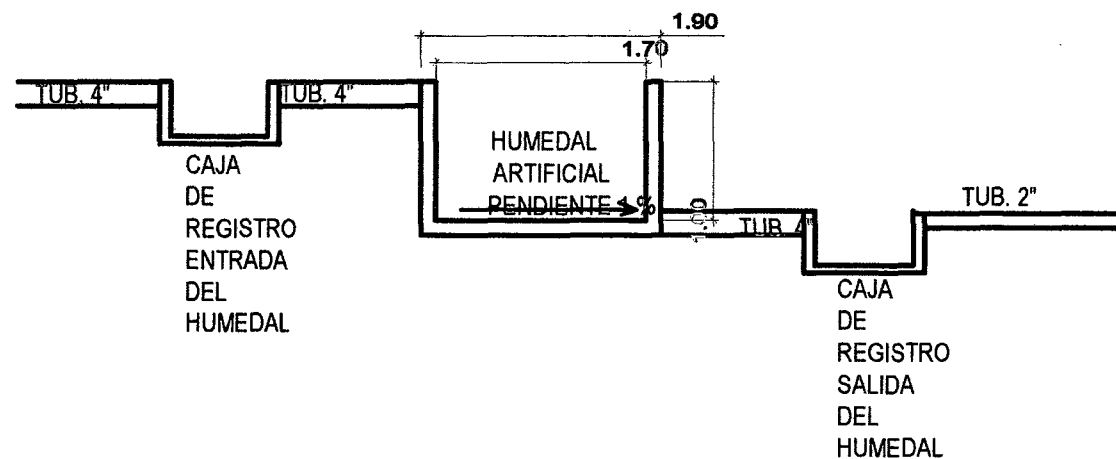
# HUMEDAL ARTIFICIAL



PROYECTO: "DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRANCO DEL SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA, DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA 2013"					
PLANO: PLANTA HUMEDAL ARTIFICIAL					
LOCALIDAD: MOYOBAMBA	ELABORADO POR: RAO L. FREDDY RESNOVA	REVISADO POR: RAO L. FREDDY RESNOVA	RESPONSABLE: RAO L. FREDDY RESNOVA	FECHA: AGOSTO - 2013	DISEÑADO POR: RAO L. FREDDY RESNOVA
DISTRITO: MOYOBAMBA	PROYECTO: RAO L. FREDDY RESNOVA	APROBADO: RAO L. FREDDY RESNOVA	TRIMESTRE: S/E	HA-01	
DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN					



# HUMEDAL ARTIFICIAL

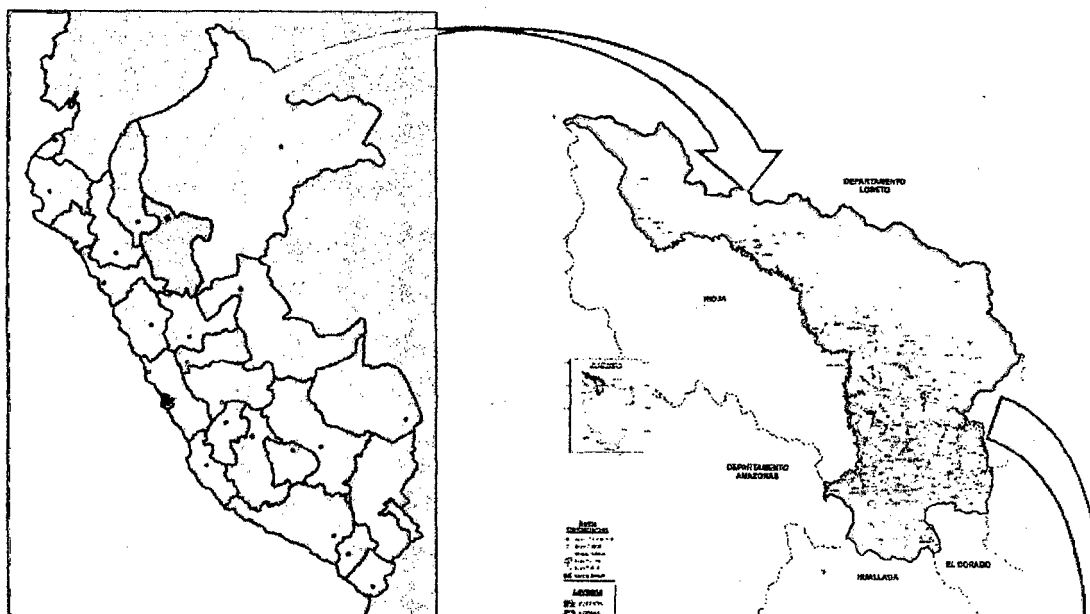


PROYECTO: "DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRANCO DEL SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA, DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA 2013"					
PLANO: <b>PERFIL HUMEDAL ARTIFICIAL</b>					
LOCALIDAD: MOYOBAMBA	ELABORACIÓN: CAD: SACH PERIMAY RESIDUAL	REVISADO: SACH PERIMAY RESIDUAL	REVISADO: SACH PERIMAY RESIDUAL	FECHA: AGOSTO - 2013	LÁMINA Nº: <b>HA-02</b>
DISTRITO: MOYOBAMBA	PROVINCIA: MOYOBAMBA	DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN	REVISADO: SACH PERIMAY RESIDUAL	REVISADO: SACH PERIMAY RESIDUAL	

## UBICACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

UBICACIÓN DE SAN MARTÍN

UBICACIÓN DE MOYOBAMBA



UBICACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

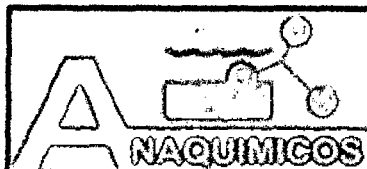


**METRADO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL**

PARTIDA/DESCRIPCION	UND	CANTIDAD				TOTAL
		N°	LARGO	ANCHO	ALTO	
<b>HUMEDALES ARTIFICIALES</b>						
Limpieza manual y replanteo de terreno	M2	1	2.00	2.00		4.00
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
Excavación manual en terreno normal	M3					
Excavacion de perimetro para cimentacion		1	1.9	0.8	0.15	0.228
Retiro y acomodo de material excedente	M3					
Eliminacion de maetrial excedente •		1	1.9	0.8	0.15	0.228
<b>CONCRETO SIMPLE</b>						
Concreto f'c=140 Kg/cm2 (15cm)	M3	1	1.9	0.8	0.15	0.228
<b>ALBAÑILERIA</b>						
albañileria en muros	M2	1				5.4
tarrajeo	M2	1				6.00
<b>ACCESORIOS</b>						
Tuberia Pvc 2" para desagüe	Und	1				1
Tuberia Pvc 4" para desagüe	Und	10				10
caja de regisrtro 60 X 25 cm	Und	2				2

**PRESUPUESTO HUMEDALES ARTIFICIALES**

<b>MATERIAL</b>	<b>Und</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Hormigón	m3	1.00	S/. 60.00	S/. 60.00
Arena	m3	1.00	S/. 80.00	S/. 80.00
Piedra chancada	m3	1.00	S/. 80.00	S/. 80.00
Cemento	bolsa	5.00	S/. 22.00	S/. 110.00
Ladrillo	Und	300.00	S/. 1.50	S/. 450.00
Tubo 4"	Und	10.00	S/. 12.00	S/. 120.00
Tubo 2"	Und	1.00	S/. 9.00	S/. 9.00
Caja de registro	Und	2.00	S/. 60.00	S/. 120.00
Botas	Par	2.00	S/. 24.00	S/. 48.00
Pala	Und	2.00	S/. 22.00	S/. 44.00
Pico	Und	2.00	S/. 30.00	S/. 60.00
Balde	Und	2.00	S/. 8.00	S/. 16.00
Impermeabilizante	Galón	1.00	S/. 65.00	S/. 65.00
Mano de Obra	Día	7.00	S/. 120.00	S/. 840.00
			<b>TOTAL</b>	<b>S/. 2,102.00</b>



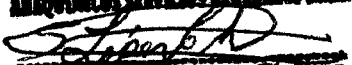
ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

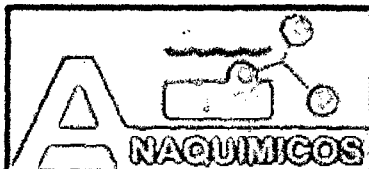
**INFORME DE ENSAYO N° 01-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 01  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 05-06-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 12-06-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 MI	5745
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	231
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	410
04	pH	Unidad	6.21
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	215
06	Temperatura	°C	22.1
07	Turbiedad	U.N.T	88

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140674  
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

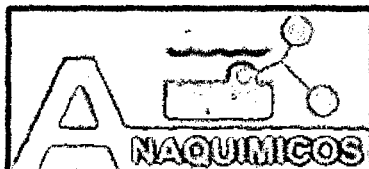
**INFORME DE ENSAYO N° 01-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 02  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 05-06-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 12-06-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 Ml	3541
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	161
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	275
04	pH	Unidad	6.7
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	45
06	Temperatura	°C	22.2
07	Turbiedad	U.N.T	15

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140674  
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

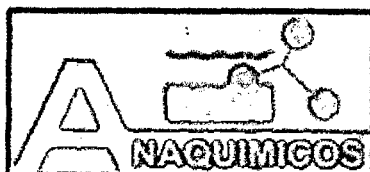
**INFORME DE ENSAYO N° 02-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 03  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 20-06-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 27-06-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 ML	5680
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	235
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	389
04	pH	Unidad	6.5
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	198
06	Temperatura	°C	22.3
07	Turbiedad	U.N.T	73

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140674  
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

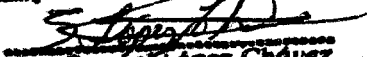
**INFORME DE ENSAYO N° 02-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 04  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 20-06-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 27-06-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

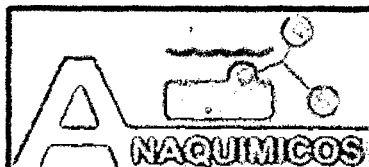
**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 MI	3452
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	141
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	255
04	pH	Unidad	6.8
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	36
06	Temperatura	°C	22.1
07	Turbiedad	U.N.T	12

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.

  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140674  
TITULAR GERENTE





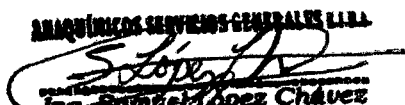
ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

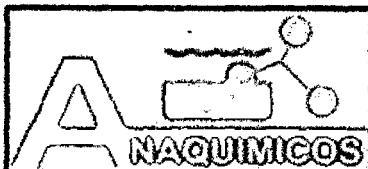
**INFORME DE ENSAYO N° 03-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 05  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 05-07-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 12-07-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 ML	5714
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	238
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	389
04	pH	Unidad	6.14
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	203
06	Temperatura	°C	22.45
07	Turbiedad	U.N.T	72

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140674  
TITULAR GERENTE



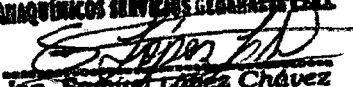
ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

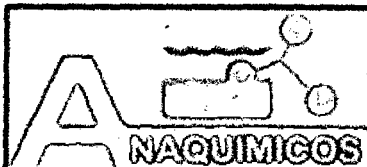
**INFORME DE ENSAYO N° 03-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 06  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 05-07-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 12-07-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 Ml	3050
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	121
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	231
04	pH	Unidad	6.75
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	38
06	Temperatura	°C	22.6
07	Turbiedad	U.N.T	8

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140574  
TITULAR GERENTE



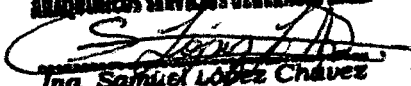
ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

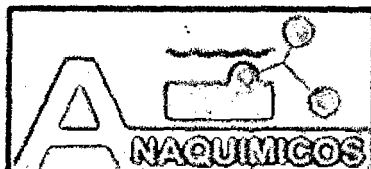
**INFORME DE ENSAYO N° 04-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 07  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 20-07-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREADO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 27-07-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 MI	5691
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	218
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	388
04	pH	Unidad	6.45
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	188
06	Temperatura	°C	22.6
07	Turbiedad	U.N.T	76

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140674  
TITULAR GERENTE



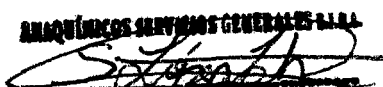
ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

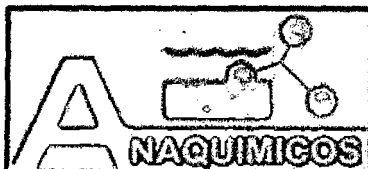
**INFORME DE ENSAYO N° 04-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 08  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 20-07-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 27-07-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 Ml	2998
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	111
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	215
04	pH	Unidad	7.1
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	29
06	Temperatura	°C	22.8
07	Turbiedad	U.N.T	7.56

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP N° 140674  
TITULAR GERENTE



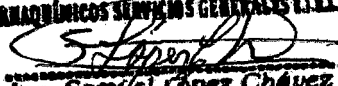
ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

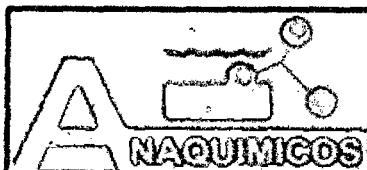
**INFORME DE ENSAYO N° 05-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 09  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 04-08-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 11-08-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 Ml	5617
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	248
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	391
04	pH	Unidad	6.3
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	185
06	Temperatura	°C	22.8
07	Turbiedad	U.N.T	68

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIF. N° 140674  
TITULAR GERENTE



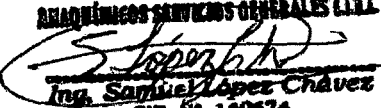
ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

**INFORME DE ENSAYO N° 05-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 10  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 04-08-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 11-08-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 Ml	2113
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	98
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	197
04	pH	Unidad	7.21
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	25
06	Temperatura	°C	22.9
07	Turbiedad	U.N.T	5.52

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140674  
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO

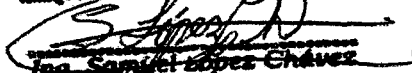
**INFORME DE ENSAYO N° 06-2015/ANAQUIMICOS/CC**

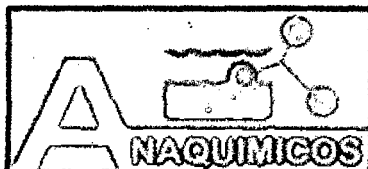
**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 11  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 19-08-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREADO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 26-08-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 MI	5689
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	249
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	394
04	pH	Unidad	6.21
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	188
06	Temperatura	°C	22.5
07	Turbiedad	U.N.T	78

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.L.L.A.

  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP. N° 140674  
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE  
AGUA Y SANEAMIENTO


**INFORME DE ENSAYO N° 06-2015/ANAQUIMICOS/CC**

**SOLICITANTE** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**PUNTO DE MUESTREO** : HUMEDAL ARTIFICIAL CON ARUNDO DONAX  
**MUESTRA** : 12  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 19-08-2015  
**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:00  
**MUESTREO** : ERWIN LÓPEZ BARBARAN Y FREDDY  
MEDINA ABREGU  
**FECHA DE EMISIÓN** : 26-08-2015  
**LUGAR** : MOYOBAMBA- SECTOR CRUCE DE UCHUGLLA  
**COORDENADAS** : -6.048276 E -76.970873 O 862 MSNM

**RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 MI	1995
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	97
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	195
04	pH	Unidad	7.1
05	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	23
06	Temperatura	°C	22.8
07	Turbiedad	U.N.T	4.5

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES LTDA.

  
Ing. Samuel López Chávez  
CIP: N° 140674  
TITULAR GERENTE